

Aus der Universitätsklinik und den Polikliniken für Zahn-, Mund-
und Kieferkrankheiten
— Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik —
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Eine klinisch-experimentelle Studie zur okklusionsbedingten Kinetik von Einzelzähnen und zur Elektromyographie des Musculus Masseter während der Leermastikation

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Zahnmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin

vorgelegt von
Armin Bassarak
aus Landau/Pfalz

Mainz 1980



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552623_0090

Aus der Universitätsklinik und den Polikliniken für Zahn-, Mund-
und Kieferkrankheiten
— Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik —
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Eine klinisch-experimentelle Studie zur okklusionsbedingten Kinetik von Einzelzähnen und zur Elektromyographie des Musculus Masseter während der Leermastikation

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Zahnmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin

vorgelegt von
Armin Bassarak
aus Landau/Pfalz

Mainz 1980



Fachbereichsdekan: Prof. Dr. H. Leithoff

1. Gutachter : Prof. Dr. G. Siebert

2. Gutachter : Prof. Dr. H. C. Hopf

Tag der mündlichen Prüfung :

18. Juni 1980

Meinen lieben Eltern gewidmet.

INHALTSÜBERSICHT :

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. SCHRIFTTUM	4
2.1. Kinetik	4
2.2. Elektromyographie (EMG)	6
3. APPARATUR und METHODIK	9
3.1. Vorbemerkungen	9
3.1.1. Anatomie und Funktion des M. masseter	9
3.1.2. Physiologische Voraussetzungen der Elektromyographie	10
3.1.3. Auswertung der Elektromyogramme	12
3.1.4. Leermastikationsbewegungen und gleichzeitiges Verhalten der Masseteraktivität	13
3.2. Probanden	17
3.3. Messung der Kinetik von Einzelzähnen (Vorversuch und Hauptversuch)	17
3.3.1. Meßstelle	18
3.3.2. Verstärker	24
3.3.3. Kompensationsschreiber	24
3.3.4. Vorbereitung der klinischen Messung	24
3.3.5. Klinische Messung (Vorversuch)	28
3.4. Messung der Aktivität des M. masseter (Hauptversuch)	32
3.4.1. Meßstelle	32
3.4.2. Klinische Messung und Reproduzierbarkeit (Hauptversuch)	35
3.4.3. Auswertung der Elektromyogramme	36
4. ERGEBNISSE PROBAND A :	38
4.1. Schneidezähne	38
4.1.1. Kinetik (Vorversuch und Hauptversuch)	38
4.1.2. Elektromyographie (Hauptversuch)	47
4.1.3. Zeitliche Koppelung von Kinetik und Elektromyographie (Hauptversuch)	51
4.1.4. Zusammenfassung	52

	Seite
4.2. Eckzähne	53
4.2.1. Kinetik (Vorversuch und Hauptversuch)	55
4.2.2. Elektromyographie (Hauptversuch)	64
4.2.3. Zeitliche Koppelung von Kinetik und Elektromyographie (Hauptversuch)	64
4.2.4. Zusammenfassung	64
4.3. Molaren	65
4.3.1. Kinetik (Vorversuch und Hauptversuch)	65
4.3.2. Elektromyographie (Hauptversuch)	77
4.3.3. Zeitliche Koppelung von Kinetik und Elektromyographie (Hauptversuch)	77
4.3.4. Zusammenfassung	77
5. ERGEBNISSE PROBAND B :	78
5.1. Schneidezähne und Eckzähne	78
5.1.1. Kinetik (Vorversuch)	78
5.2. Molaren	79
5.2.1. Kinetik (Vorversuch und Hauptversuch)	81
5.2.2. Elektromyographie (Hauptversuch)	89
5.2.3. Zeitliche Koppelung von Kinetik und Elektromyographie (Hauptversuch)	93
5.2.4. Zusammenfassung	96
6. DISKUSSION :	97
6.1. Zur Kinetik	97
6.2. Zur Elektromyographie	98
7. ZUSAMMENFASSUNG :	101
8. LITERATURVERZEICHNIS :	103
9. BEFUNDE DER PROBANDEN UND TABELLEN:	111
10. LEBENS LAUF :	119

I. EINLEITUNG :

"Das Kauorgan besteht aus Zähnen, dem Zahnhalteapparat, den Kiefern, den Kiefergelenken mit Muskeln und Bändern sowie den entsprechenden Nerven- und Gefäßversorgungen. Die aktive Funktion erfolgt über die von Nervenimpulsen gelenkten Muskeln. Den Muskeln kommt eine Mittlerrolle zwischen den starren, knöchernen und bindegeweblichen Elementen der Gelenkführung einerseits und den Zähnen andererseits zu. Das Kauorgan stellt eine funktionelle Einheit dar. Die Kaufunktionen bestehen hauptsächlich aus dem Kauakt, dem Schluckakt und der sogenannten Leermastikation. Bei der Leermastikation kommt es außerhalb der Nahrungszerkleinerung zum Zusammenpressen und Reiben der Zähne gegeneinander. Dieses Phänomen hat zuerst KAROLY beschrieben. Verallgemeinernd wird auch der Ausdruck "Knirschen" und "Pressen" gebraucht. In der angelsächsischen Literatur hat sich der Ausdruck "Bruxism" eingebürgert, während DRUM (8) den Begriff der "Parafunktion" einführte. HUPFAUF (26) nennt solche Vorgänge "Motorische Unarten" oder "orofaciale Dyskinesien". (FUCHS, 16) Diese Vorgänge, welche hauptsächlich im Nachtschlaf von Bedeutung sind, da hier die sensible Kontrolle erheblich vermindert ist (KRAFT, 37), können unter anderem für das Krankheitsbild der funktionellen Störungen des Kauorgans verantwortlich gemacht werden. Bei diesem Krankheitsbild können verschiedene Veränderungen im Kausystem beobachtet werden:

1. Verstärkte Abrasion als Folge des Versuches, Okklusionshindernisse zu überwinden (Leermastikation).

Es können bei nicht resistentem Zahnhalteapparat auch Lockerungen einzelner Zähne auftreten (Erhöhte Zahnkinetik).

2. Schmerzhaft Erhöhung des Muskeltonus und Muskelverkrampfung in der Kaumuskulatur.
3. Störungen der Muskelkoordination. Diese führen im Bereich des Kiefergelenks zu funktionellen Bewegungsstörungen, Knacken und Schmerzen im Bereich der Kiefergelenke (FUCHS, 16).

Dieses Krankheitsbild der funktionellen Störungen oder Kiefergelenkdisharmonien wird im Schrifttum auch als COSTEN-SYNDROM (COSTEN, 6), TMJ-Dysfunction-Pain-Syndrom (SCHWARZ, 58), Myofaciales Syndrom (ENGELHARDT, 10) oder Myoarthropathie beschrieben. Die Veränderungen des Kausystems durch Parafunktionen können sowohl durch Artikulationsstörungen (SCHWARZ, 58; DRUM, 9) als auch durch psychische Belastungen (Stress) hervorgerufen werden (DOMS, HUPFAUF und LANGEN, 7). Weiterhin findet GRABER (20, 21) und HEGGENDORN (17), daß bei Patienten, bei denen Aggressionen keinen normalen Abfluß finden, die cerebralen Impulse primär die Kaumuskulatur aktivieren und Traumen verursachen können. Eine Diagnosemöglichkeit von Störungen im mandibulo-maxillären Organ (WILD, 61) bietet die funktionelle Befunderhebung von KROGH-POULSEN (40).

Angaben über die okklusionsbedingte Kinetik von Einzelzähnen machen SCHULZ (57) und SIEBERT (60). Sie untersuchten die quasistatischen Bewegungen eines Zahnes in Okklusion (Leermastikation). Weiterhin konnte SIEBERT (60) nicht nur die Unterscheidung von pathologischer und physiologischer Zahnbeweglichkeit, sondern auch die Auslenkungsrichtung des Zahnes während der Leermastikation verfolgen. Auch zeigte er für das zahnärztlich behandelte, bzw. unbehandelte Gebiß gewisse qualitative (Richtung) und quantitative (Auslenkungsstärke) Unterschiede auf.

Da wohl ein Zusammenhang zwischen Fehlbelastungen einzelner Zähne oder Zahngruppen und deren Auswirkung speziell auf die Kaumuskulatur oder umgekehrt besteht, scheint es sinnvoll, den qualitativen und zeitlichen Verlauf von Einzel-Zahn- Bewegungen und Muskelaktivität während der Leermastikation zu untersuchen.

2. SCHRIFTTUM :

2.1. Kinetik :

Mit dem morphologischen und physiologischen Verhalten des gesunden und kranken Parodontiums haben sich mehrere Autoren befaßt. Nach KÜRBER (32) und HOFMANN (22) ist der Zahn nicht federnd im Parodontium befestigt, sondern seine Auslenkung und Rückstellung erfolgen als zusammengesetzte Bewegungen, die aufgrund der elastischen Deformierung der Hartsubstanzen (Zahn und Knochen) und der Bewegung des Zahnes im Parodontium zustande kommen.

JUNG (29), KÜRBER (31), LUCAS und SPRANGER (43) untersuchten die elastische Deformierbarkeit natürlicher Zähne. KÜRBER (35) zeigte, daß der Zahn, wie jeder deformierte, hochelastische Körper, nach plötzlicher Entlastung Biegeschwingungen ausführt. Wie JUNG (28, 29), JOB (27), MARX (46), MOHLEMANN (51), REGLI (55) und WINKLER (63) feststellen, erhalten die Kiefer- und Alveolarfortsätze bei der Funktion eine elastische Deformierung.

Die Kraft, die die Zähne in der Leermastikation und beim Kauen erhalten, war Gegenstand zahlreicher Kaukraftmessungen (EICHNER, 10, WINDECKER, 62 etc).

Das physiologische Verhalten des Parodontiums bei der Be- und Entlastung, das heißt Art und Umfang der Zahnbeweglichkeit, ist bislang noch nicht ausreichend mit Hilfe subtiler Meßmethoden verfolgt worden. MOHLEMANN (50) hat die Zahnbeweglichkeit rein statisch gemessen, MOHLEMANNs Meßmethode erlaubte es, Auslenkungen mit einer Genauigkeit von 1/100 Millimeter abzulesen. Nach HOFMANN (23) bietet die exakte Festlegung des Beweglichkeitsgrades eines Zahnes bzw. sein Verhalten auf eine definierte Belastung die Möglichkeit, den Gesundheitszustand des Zahnhalteapparates objektiv zu beurteilen.

ZWIRNER (65, 66) gelang durch elektronische Meßtechnik mit Hilfe eines kapazitiven Meßwertwandlers im Phantomversuch am isolierten Rattenkiefer die Darstellung der Auslenkungs-kurve eines Zahnes am Bildschirm eines Oszillographen.

LUNDQUIST, (45) verwendete als Kraftgeber einen Elektromagneten. Die Aufzeichnungen der Auslenungskurven des Zahnes erfolgte auf einem Oszillographen und wurde von dort mit Registrier-kameras photographisch festgehalten.

KÖRBER (33) hat das tastlose Verfahren nach dem Prinzip der Induktivität als Funktion der geometrischen Verschiebung eines ferromagnetischen Blättchens aufgegriffen.

HOFMANN (24) beschreibt eine abgewandelte Meßeinrichtung, mit der auf induktivem Wege die Auslenkung des oberen Eckzah-nes und die Reaktion auf das Parodontium während der Okklu-sion registriert wurde.

Die registrierten Auslenkungen mit definierten Kraftdosen werden zum einen quasistatisch, zum anderen dynamisch aufge-zeichnet. Die meisten Untersuchungen beziehen sich auf die Abgrenzung zwischen physiologischer und pathologischer Beweg-lichkeit der Zähne, ohne die Okklusion in Betracht zu ziehen. Um die Messung der okklusionsbedingten Auslenkungen aber aus-führen zu können, soll in dieser Untersuchung die von SCHULZ (57) und SIEBERT (60) angegebene Methode angewandt werden. Die zu messende okklusionsbedingte Kinetik einzelner Zähne wird hierdurch während der Funktion nicht behindert. In den dazu verwandten paraokklusalen Schienen konnten die indukti-ven Wegaufnehmer für die quasistatische Registrierung des Zahnes in den drei Richtungen des Raumes befestigt werden.

2.2. Elektromyographie (EMG) :

Die erste Ableitung und Registrierung von Aktionspotentialen gelang bereits DUBOIS-REYMOND im Jahre 1851 (aus MAYER, 47). Einen wesentlichen Fortschritt auf diesem Gebiet brachte die Einführung des Kathodenstrahloszillographen und die Entwicklung der Nadelelektrode durch ADRIAN und BRONK 1929 (1), wodurch neben der Aktivität von ganzen Muskeln auch Potentiale einzelner Muskelfaserbündel registriert werden konnten.

Definition des Wortes Elektromyographie :

"Bei der Elektromyographie handelt es sich um eine elektrophysiologische Methode mit Messung bioelektrischer Potentiale. Man erhält hierdurch eine Aussage über den Zustand der Muskulatur und über die Aktivität der motorischen Neurone bei Reflex- und Willkürinnervation. Besondere Bedeutung hat die Methode bei der Früherkennung von neurologischen Erkrankungen und bei der Differentialdiagnose und Abgrenzung von Muskelerkrankungen erlangt". (FUCHS, 16).

Erste Bedeutung in der Zahnheilkunde gewann die EMG durch MOYERS erste Analyse des Zusammenspiels der Kaumuskeln 1949 / 1950 (49).

PRUZANSKY (53) untersuchte 1952 erstmalig Dyskoordinationserscheinungen der Kaumuskulatur. CARLSÖÖ (5) berichtete sowohl über die elektromyographische Aktivität der Kieferelevatoren, sowie über die Restaktivität des M. pterygoideus lateralis. Weiterhin sind CARLSÖÖ (5), AHLGREEN (2) und RAMFJORD (54) mit Untersuchungen über die elektromyographische Analyse der Kaubewegungen und über die Kinesiologie der Kieferbewegung, sowie MØLLER (48) mit einer großen Abhandlung über

die klinische Elektromyographie im stomatognathen System, hervorgetreten.

In Deutschland hat zuerst ESCHLER (12, 13, 14, 15) den Wert der Elektromyographie als Untersuchungsmethode zur Klärung physiologischer Grundlagen des Zusammenwirkens der Kaumuskulatur erkannt. Er versuchte auch erstmalig Aktionsströme während des Nachtschlafes abzuleiten. Bei ESCHLERS Nachtschlafuntersuchungen über Zusammenhänge zwischen den marginalen Parodontopathien, der vegetativen Tonuslage und elektrischen Vorgängen in den Masseteren wurden Dauerpotentiale im Masseterbereich abgeleitet, sofern eine akut entzündliche Veränderung des Parodontiums vorlag.

Weiterhin führt KRAFT (37) an einem größeren Patientenkollektiv von 167 Personen Nachtschlafuntersuchungen durch und beurteilte unter anderem Dysgnathien myographisch (39). Auch H. u. C. GÖPFERT (18, 19) haben sich mit der Wirkungsweise der Kaumuskeln befaßt. GÖPFERT stellte unter anderem fest, dass allgemein der "Grundspiegel" der Aktivität der Kaumuskulatur höher liegt als bei Extremitätenmuskeln. Weiterhin zeigte er, daß bei Schmerzreizen im Trigeminusgebiet erhöhte Muskelpotentiale im Sinne eines "Innervationstonus" zu finden sind. Auch gelang die Registrierung der Muskelaktivität vom M. masseter und M. temporalis bei bestimmten Kieferbewegungen (Leermastikation), wobei der zeitliche Ablauf und die Quantität berücksichtigt wurde. Ähnliche Untersuchungen wurden von ZENKER, W. und ZENKER, A. (64) durchgeführt, wobei auch auf die Nebenfunktionen der verschiedenen Kaumuskeln während der Leermastikation näher eingegangen wurde. FUCHS (16) gewann durch die Elektromyographie bei Nachtschlafmessungen neue Erkenntnisse zur Behandlung von funktionellen Kiefergelenkbeschwerden mit Hilfe von funktionellen Aufbißplatten. Er zeigte, daß im Wachzustand bei Patienten mit Dysgnathie

keine Änderung des Aktivitätsmusters der Masseteren im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe zu erkennen ist. Im Nachtschlaf konnten jedoch Unterschiede der Muskelaktivität festgestellt werden, wobei ein Vergleich der Patientengruppe mit und ohne Aufbißschiene stattfand.

Je nach Fragestellung der einzelnen Untersuchungsreihen und Vorhandensein der technischen Hilfsmittel wurden von den genannten Autoren verschiedene Untersuchungsmethoden und Apparaturen angewandt, um Elektromyogramme aufzuzeichnen und auswerten zu können. So hängt es vom Untersuchungsziel ab, ob etwa mit Oberflächenelektroden oder mit Nadelelektroden abgeleitet wird oder in welcher Weise die Auswertung der Myogramme vorgenommen wird.

Ziel dieser, im wesentlichen methodischen Arbeit ist es, die Aktivität des Muskulus masseter während der Leermastikationsbewegungen synchron zur okklusionsbedingten Zahnkinetik aufzuzeichnen und zu beschreiben.

3. APPARATUR und METHODIK :

3.1. Vorbemerkungen:

3.1.1. Anatomie und Funktion des Muskulus masseter : (aus FUCHS, 16)

"Allgemein wird bei der Kaumuskulatur unterschieden zwischen Kieferöffnern (Depressoren) und Kieferschließern (Elevatoren). Der Massetermuskel ist ein Elevator. Er ist in 2 Portionen geteilt: Pars superficialis und pars profunda. Die größere oberflächliche Portion entspringt dem vorderen und mittleren Drittel des Jochbogens. Die Faserrichtung läuft nach hinten/unten und inseriert an der tiefer gelegenen Muskelportion. Die tiefe Portion entspringt vom hinteren Drittel der Unterkante und der inneren Oberfläche des Jochbogens. Der Faserverlauf ist vertikal gerichtet. Die vorderen Fasern vermischen sich mit denen der oberflächlichen Portion, wobei die Verlaufsrichtung posterior-inferior liegt. Die tiefe Muskelportion ist von der oberflächlichen bedeckt, mit Ausnahme eines kleinen Dreiecks direkt vor der Gelenkkapsel.

Die oberflächliche und tiefe Portion des Muskels inseriert gemeinsam an der Außenseite des Kieferwinkels bis zur Basis des Processus muscularis. Die am weitesten medial liegenden Fasern des Musculus masseter vermischen sich mit den oberflächlichen Fasern des Musculus temporalis".

Durch den anatomisch bedingten speziellen Verlauf der Muskelfasern entfaltet der Muskel nicht nur Kräfte beim Kieferschluß in seiner Hauptfunktion, sondern es wird ein Teil der Muskelkraft (25-30%) auch für Protrusionsbewegungen des Unterkiefers ausgenutzt (CARLSÖO, 5).

Außer dieser Nebenfunktion als Protraktor wird von CARLSÖO (5) und SICHER (59) auch eine Funktion als Retraktor beschrieben.

Weiterhin fand ESCHLER (14), daß der Muskel auch eine lateral ziehende Wirkung hat, da er vom Ursprung zum Ansatz am Unterkiefer in Bezug zur Schädelmedianebene schräg verläuft. Der Muskel ist also bei Lateralbewegungen imstande, entweder eine kontralaterale oder eine ipsilaterale Funktion auszuüben. Im Hinblick auf die Hauptfunktion ist das bilaterale Muskel-paar als eine funktionelle Einheit synergistisch tätig (z.B. Pressen). In der Nebenfunktion sind die bilateral anatomisch gleichen Muskeln Antagonisten (z.B. Lateralbewegung) (GÖPFERT, 18).

Von den 3 Elevatoren M. temporalis, M. masseter und M. pterygoideus medialis ist der M. temporalis der stärkste - er tritt aber erst in Funktion, wenn die vom Masseter entwickelte Leistung nicht mehr ausreicht. (KRAFT, 38).

3.1.2. Physiologische Voraussetzungen für die Elektromyographie nach KRAFT (36) und HOPF (25)

Die Muskelkontraktion wird von Nervenimpulsen ausgelöst. Diese stellen nach LULLIES (44) gleichgroße, unveränderliche Signale dar, die von den Vorderhornzellen des Rückenmarks ausgehen, und über die motorischen Endplatten jeweils die mit diesen verbundenen Muskelfasern erregen. Dieser Komplex aus Nervenzelle und Muskelfasern ist die motorische Einheit (ME). Eine Abstufung der Muskelkontraktion ist durch Beteiligung einer wechselnd großen Anzahl von ME sowie durch Veränderungen der in der Zeiteinheit den Muskelfasern zugeleiteten Signale (Frequenz) möglich.

Bei der Erregung entsteht ein Aktionspotential (AP). BIGLAND und LIPPOLD konnten zeigen, daß das Integral des Muskelpotential eine Möglichkeit bietet, die aktivierbare Muskelmasse

weitgehend quantitativ zu erfassen, da sich Muskelpotential und Kraftentfaltung annähernd linear verhalten. Wenn extrazellulär abgeleitet wird, wie dies in der klinischen Elektromyographie der Fall ist, so wird je nach Elektrode unterschiedlich viel aktives Gewebe über die AP erfaßt. Denn die Spannung nimmt bei der klinisch üblichen extrazellulären Ableitung mit dem Abstand der Elektroden von der aktiven Faser beträchtlich ab und beträgt nach BUCHTHAL (4) maximal nur noch 2-10 % der ursprünglichen Größe.

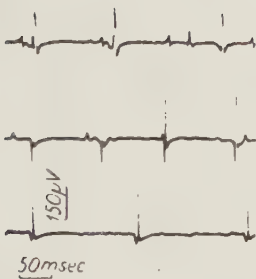


Abb. 4. Potentiale einzelner motorischer Einheiten. Registrierungsgeschwindigkeit 5 msec/mm
20 cm/sec

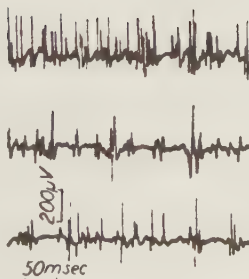


Abb. 5. Gemischtes Muster bei gleicher Registrierungsgeschwindigkeit

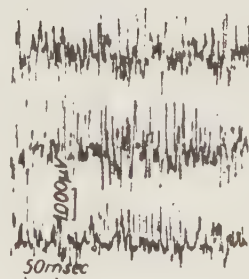


Abb. 6. Interferenzmuster bei gleicher Registrierungsgeschwindigkeit

Abb. 1 : (aus KRAFT, 35, Seite 62)

Im Myogramm eines gesunden Muskels lassen sich die einzelnen motorischen Einheiten (ME) nur bei schwacher Willkürkontraktion unterscheiden. Die Potentiale verschiedener ME können durch ihre unterschiedliche Amplitude, Form und Frequenz erkannt werden. Mit zunehmender Muskelkontraktion wird eine größere Zahl ME innerviert, so dass gleichzeitig die AP's verschiedener ME auftreten. Die einzelnen APs sind nun nicht mehr auszählbar, nur noch Potentiale in Elektroden-nähe sind zu unterscheiden. Das Myogramm zeigt ein sogenanntes Übergangsmuster. Bei maximaler Willkürinnervation kommt es dann zur Interferenz der APs zahlreicher ME, wobei die Grundlinie nicht mehr erkennbar bleibt. (Abb. 1)

3.1.3. Auswertung der Elektromyogramme :

Als Maß für die Muskelaktivität dient das von einem repräsentativen Gewebsabschnitt abgeleitete EMG. Ein direktes Maß für die Muskelaktivität ist die Zahl der Aktionspotentiale pro Volumeneinheit des Muskelgewebes und pro Zeiteinheit. Um die Muskelaktivität während der Leermastikation verfolgen zu können, sollte möglichst die Gesamtaktivität des Muskels abgeleitet werden. Nach FUCHS (16) ist das Original EMG für eine quantitative Aussage über den Grad der Muskelaktivität wenig geeignet. Dagegen haben sich das Produkt aus Amplitude und Zahl der APs als brauchbare Parameter erwiesen. (BAYER und FLECHTENMACHER, 3).

FUCHS bildet entsprechend mit Hilfe einer Integratoreinheit das Integral zwischen EMG-Kurve und gedachter isoelektrischer (eingeschlossene Fläche pro Zeiteinheit). LIPPOLD (41) hebt dabei die Praemisse hervor, daß es sich um eine isometrische Kontraktion handelt.

Nach KRAFT (36) besteht eine reproduzierbare Abhängigkeit zwischen den gleichgerichteten Summenpotentialen und der elektronisch gemessenen Kaukraft, wenn die Elektroden bewegungsabhängig nicht in ihrer Lager verändert werden. Andere Methoden wurden von WILLISON (42) sowie von GÜPFERT, v. EIFF und HOWIND (GÜPFERT, 18) angegeben. Eine quantitative Auswertung der Elektromyogramme der vorliegenden Studie wird nicht vorgenommen, da in erster Linie die zeitlichen und qualitativen Verhältnisse zur Zahnkinetik interessieren. Es wird sich somit auf eine qualitative Beschreibung durch Angabe der maximalen Amplituden beschränkt. Eine quantitative Analyse der EMG's während Leermastikationsbewegungen sollte in weiteren Untersuchungsreihen näher betrachtet werden.

3.1.4. Erläuterung der einzelnen Leermastikationsbewegungen und des gleichzeitigen Verhalten der Masseteraktivität:
(nach SIEBERT, 60 u. GÜPFERT, 18)

OFFEN : minimale Mundöffnung, entspricht etwa der physiologischen Ruhelage der Mandibula.

Der Masseter ruht und zeigt eine dem ruhenden Muskel typische "Restaktivität", als Ausdruck des reflektorischen Ruhetonus. Die Spitzen der Aktionspotentiale liegen bei etwa 2 μ V.

SCHLIESSEN: Heranführen des Unterkiefers an den Oberkiefer bis zum ersten Kontakt der Zähne (Intercuspitation). Während der Schließbewegung (isotonische Kontraktion) ist eine Beteiligung des Muskels zu erkennen. (leichte Willkürinnervation mit maximalen Amplituden von etwa 10 μ V) Bei leichtem Kieferschluß (Intercuspitation) zeigt der Muskel Restaktivität.

PRESSEN : Schließen und starkes Pressen. Hierbei tritt maximale Intercuspidation auf. Es findet eine starke, bilaterale Kontraktion der Masseteren statt. Man erhält im EMG ein starkes Interferenzmuster der maximalen Willkürinnervation. Die Kontraktion ist eine isometrische. Die maximalen Amplituden betragen etwa 900 μ V. MØLLER (48) beschreibt Muskelaktivitäten bei voller Belastung während des Aufbisses in maximaler Intercuspidation (Pressen) von 500-1600 μ V. GÜPFERT beschreibt eine besondere Eigentümlichkeit: Unmittelbar nach der Entspannung tritt eine sogenannte "Entspannungslücke" von 0.1-0.2 sec. auf. Die Aktionspotentiale sinken in diesem Zeitraum in Höhe und Frequenz unter das Niveau der normalen "Restaktivität".

VIBRIEREN : Schließen und Pressen. Anschließend finden abwechselnd unilaterale Muskelkontraktionen statt. Hier sind wesentlich geringere Amplituden im EMG als beim "Pressen" zu finden.

KNIRSCHEN : Vibrieren mit geringer lateraler Verschiebung des Unterkiefers ohne in Disklusion im Seitenzahngebiet zu kommen. Geringere Amplituden im EMG als beim "Pressen" sind zu finden. Nach ESCHLER (12) erfolgt das "Pressen" in zentraler Okklusionsstellung, während beim "Knirschen" die unteren Zähne bei isometrischer Tätigkeit der Elevatoren krampfhaft über die oberen Zähne geführt werden.

Dabei entsteht ein Geräusch: das "Knirschen".

R. MÖLLER (nach ESCHLER, 12) unterscheidet:

1. den tonischen Krampf (das eigentliche Pressen) und
2. den klonischen Krampf, der sich sowohl in vertikaler Richtung (Zähneklappen) als auch in horizontaler Richtung auswirken kann (das eigentliche Knirschen).

Zwischen dem beim unbewußten, nächtlichen Pressen und dem beim bewußten, willkürlichen Pressen auftretenden Aktionsstrom dürfte nach ESCHLER kein wesentlicher Unterschied bestehen, da sie Ausdruck einer isometrischen Tätigkeit sind. Gegenüber dem Preß-Aktionsstrom besitzt der tonische Dauerstrom (im Schlafe registriert) eine schmale Amplitude.

HACKEN : Schnelles Öffnen und Schließen der Zahnreihen wie beim "Klappern". Es handelt sich um einen klonischen Krampf. Das EMG zeigt wesentlich geringere Amplituden als beim "Pressen". Das Innervationsmuster tritt intermittierend im Rhythmus der Hackbewegung auf. (Bilaterale Kontraktion).

Nach FUCHS (16) wird hauptsächlich eine isometrische Kontraktion vorgefunden. (Für Vibrieren, Knirschen und Hacken sind in der hier herangezogenen Literatur keine weiteren Angaben gemacht. Eine nähere Elektromyographische Beschreibung ist dem Ergebnisteil zu entnehmen).

UK lateral: Seitliches Versetzen des Unterkiefers, ohne daß dabei die Zähne außer Kontakt kommen. Der Masseter der Balanceseite zeigt wesentlich mehr Aktivität als der der Arbeitsseite (maximale Amplituden 200 μ V bzw. 200-100 μ V). Es handelt sich um eine langsam ansteigende und ebenso wieder abfallende Aktivität während des Vorganges auf der Balanceseite. Auf der Arbeitsseite ist die Aktivität mit Zunahme der Bewegung abfallend.

UK vor und zurück: Der Unterkiefer gleitet von der maximalen Intercuspidation (Pressen) unter Zahnkontakt nach ventral, bis die Schneidekantenstellung erreicht ist. Der Musculus masseter beteiligt sich

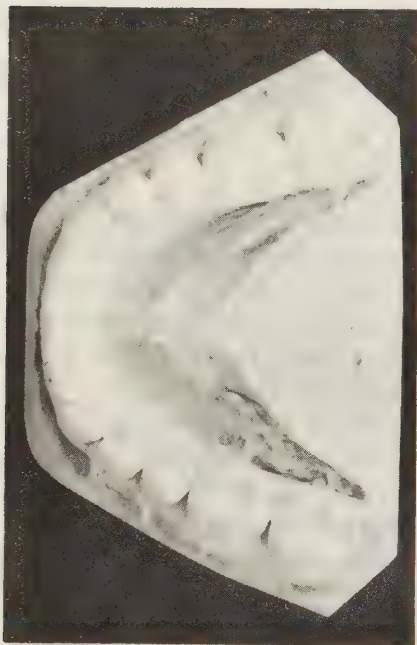


Abb. 2 :
Unterkiefermodell
Probandin A



Abb. 3 :
Oberkiefermodell
Probandin A



Abb. 4 :
Unterkiefermodell
Proband B

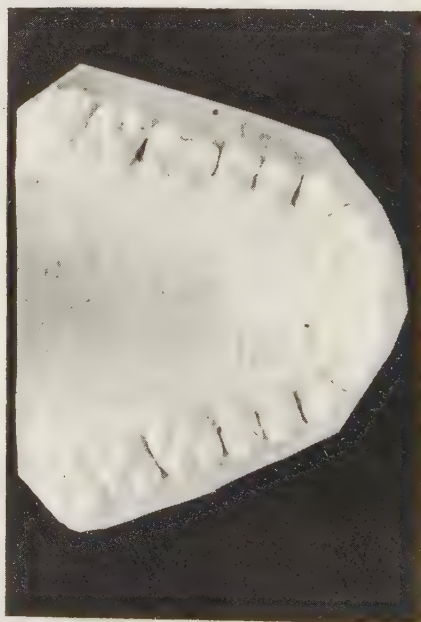


Abb. 5 :
Oberkiefermodell
Proband B

aktiv an der Vorschubbewegung (Fasern verlaufen schräg).

Die Aktivität ist im Vergleich zum "Pressen" gering (maximale Amplitude 300 μV). Bei Unterkiefer zurück in die maximale Intercuspidation beteiligt sich der Musculus masseter nicht aktiv. (Werte der normalen Restaktivität).

SCHLUCKEN: Das "Schlucken" kann mit und ohne Zahnkontakt stattfinden. Der Schluckakt verläuft mehrphasig und so ist ein entsprechendes An- und Abschwellen der Aktionspotentialserien festzustellen (maximale Amplitude 100-200 μV).

3.2. Probanden :

Zur Durchführung der Messungen im Vor- und Hauptversuch stellten sich ein weiblicher Proband A und ein männlicher Proband B zur Verfügung. Beide haben ein vollbezahntes zahnärztlich behandeltes Gebiß. Lücken liegen nicht vor. (Abb. 2,3,4,5).

Pathologische klinische Veränderungen am stomatognathen System konnten nicht erkannt werden, jedoch kann ein funktionelles Kranksein nicht ausgeschlossen werden. (Siehe Befund der Probanden in Abschnitt 9.)

3.3. Messung der Kinetik von Einzelzähnen:

Zur Messung der Kinetik von Einzelzähnen wird eine Apparatur nach dem Prinzip der berührungslosen, induktiven Wegaufnehmer verwandt, wie sie auch von SCHULZ (57) und SIEBERT (60) angegeben ist.

Sie besteht aus

der Meßstelle
dem Verstärker und
dem Kompensationsschreiber

3.3.1. Meßstelle :

Die Meßstelle besteht aus dem Meßwertaufnehmer, auch als Meßwertwandler bezeichnet, und Mu- Metallplättchen. Die Meßwertwandler befinden sich in dem Futteral einer paraokklusalen Schiene und in einem Eichblock. Die Aufnehmer sind in einer Halbbrückenschaltung mit der Verstärkeranlage verbunden. Ein Referenzmeßwertaufnehmer bleibt im Eichblock fest eingestellt, der andere Aufnehmer gibt dazu die Wegänderung am Meßobjekt an.

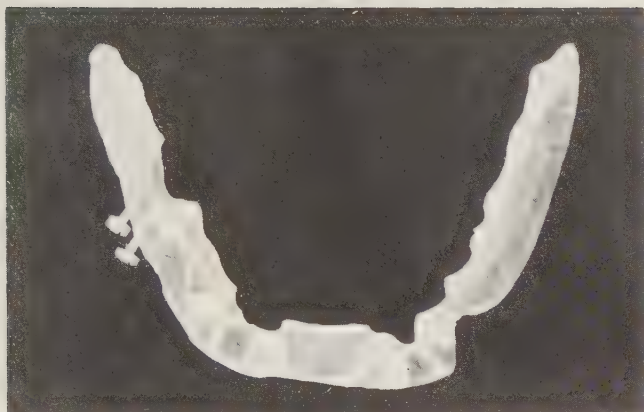


Abb. 6 : paraokklusale Schiene

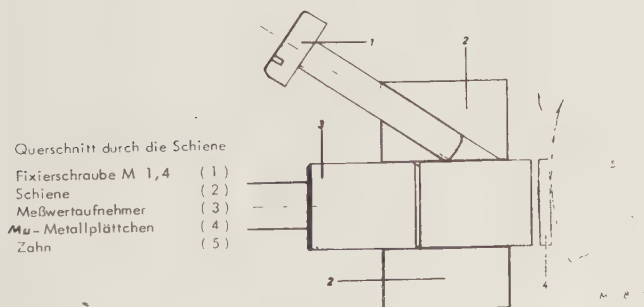


Abb. 7 :

3.3.1.1. Meßwertaufnehmer :

Es wurde der berührungslose, induktive Wegaufnehmer Tr 4 verwendet. Beschreibung bei SIEBERT (60). Das Mu- Metallplättchen besteht aus einer Speziallegierung (78,5% Ni und 21,5% Fe) mit besonders hohem Permeabilitätswert (maximale totale Permeabilität ca. 100 000).

3.3.1.2. Herstellung der Schienen:

Das isolierte Gipsmodell des Ober- und Unterkiefers wird okklusalwärts mit den Höckerspitzen und Inzisalkanten in eine ebene Wachsplatte gedrückt und festgewachst. Die Interdentalräume und Gingivaanteile werden mit Wachs ausgelegt, so daß sie später nach dem Gießen der Schiene hohl liegen. Je nach Ausdehnung der Kunststoffschiene wird Plattenwachs vor die nach oral abgedichteten Zahnreihen gesetzt. Die entstehende Trogform wird mit kalthärtendem Polymethylmethakrylat ausgegossen. Nach dem Erhärten unter Druck kann die Schiene entfernt und ausgearbeitet werden. Entsprechend der Einschubrichtungen des Meßwertaufnehmers werden die Bohrungen von 4,1 mm und Bohrungen von 1 mm für die Fixierungsschraube angelegt. Die Bohrung von 1 mm Durchmesser wird mit einem Gewindeschneid-eisen zur Aufnahme der Fixierungsschraube aufbereitet. Eine Schraube (M 1,4) erlaubt die Fixierung des Meßwertaufnehmers. (Abb. 6, 7)

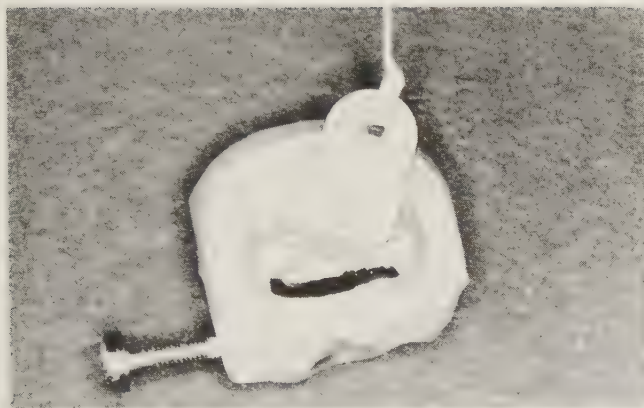


Abb. 8 : Kunststoffblock zur Aufnahme des
Referenzmeßwertaufnehmers.

3.3.1.3. Eichblock :

Zur Aufnahme des Referenzmeßwertaufnehmers am fest eingestellten Teil der Halbbrückenschaltung dient ein Kunststoffblock. Abb. 8). In ihm finden, wie an der Meßstelle selbst, der Meßwertaufnehmersamt Fixierungsschraube und ein Mu- Metallplättchen Platz. Der Block wird ebenfalls aus kalthärtendem Kunststoff gegossen und bearbeitet.

3.3.1.4. Einbauanordnung :

Die tastlosen Wegaufnehmer werden in folgender Anordnung zum Meßobjekt eingesetzt. Nur ein Meßwertaufnehmer erfaßt die Verlagerung des Meßobjektes, während der Luftspalt vor dem Referenzmeßwertaufnehmer konstant bleibt, das heißt, es wird nur ein Brückenweig der Halbbrücke verstimmt. Besonders sind Linearität, d.h. Proportionalität zwischen mechanischem Meßweg und elektrischer Anzeige, Temperaturverhalten und Nullpunktstabilität zu beachten. Für die Einfachmessung wird eine Linearitätscharakteristik angegeben, aus der sich ansteigende Empfindlichkeit bei Annäherung des Meßobjektes an das Meßelement, abfallende Empfindlichkeit bei Entfernung vom Meßelement ablesen läßt. Temperaturunterschiede außerhalb und innerhalb der Mundhöhle bewirken Veränderungen der elektrischen Werte der Meßaufnehmer. Eine automatische Korrektur wird dadurch erreicht, daß auch der Referenzmeßwertaufnehmer in wasserdichter Hülle in die Mundhöhle eingebracht wird. Ein hohes Maß an Nullpunktstabilität gewährleisten ein kleiner Ausgangsluftspalt und die temperaturkompensierenden Maßnahmen.

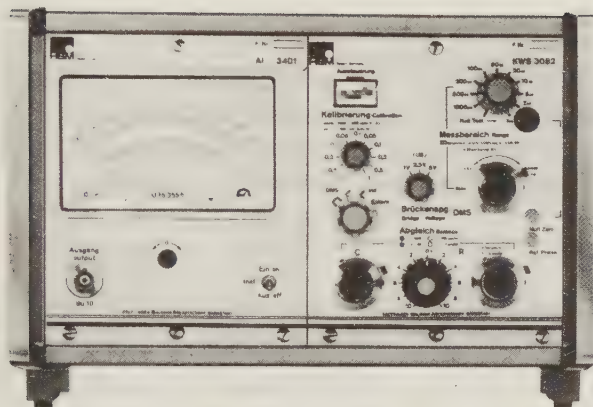


Abb. 9 : Meßverstärker KWS 3082

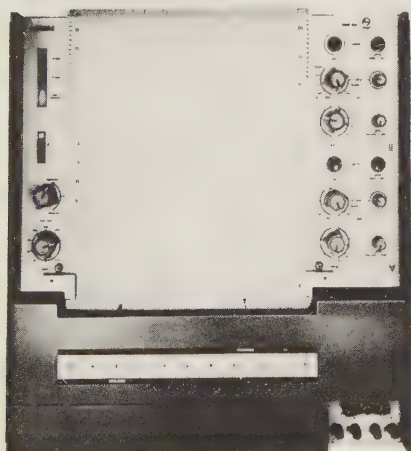


Abb. 10 : Kompensationsschreiber

3.3.2. Verstärker(Abb. 9)

In der Meßapparatur wurde ein 5 kHz Trägerfrequenz-Meßverstärker KWS 3082 der Firma Hottinger-Baldwin-Meßtechnik, Darmstadt, zum Anschluß an induktive und ohmsche Meßwertaufnehmer eingesetzt.

3.3.3. Kompensationsschreiber : (Abb. 10)

Zur graphischen Darstellung der Bewegungen, die der Zahn aus der Ruhelage nach bukkal in Richtung auf den Meßwertaufnehmer zu und nach oral, also vom Aufnehmer weg, macht, wurde ein Zwei-Kanal-Kompensationsschreiber Philips PM 8010/01 benutzt. Die Einstellung wurde so vorgenommen, daß 2 Auslenkungsrichtungen gleichzeitig aufgenommen werden konnten.

3.3.4. Vorbereitung der klinischen Messung:

3.3.4.1. Paraokklusale Schiene und Mu- Metallplättchen :

Die Zahnfläche zur Befestigung der Schiene wird mit Alkohol gereinigt.

Ätzen der Zahnfläche mit 65%iger Phosphorsäure für 5 Sekunden, Abspülen mit Wasser. Trocknen der Klebefläche auf der Schiene und den Zähnen.

Auftragen von Haftflüssigkeit und Pulver des Klebers Orthomite II S der Firma Rocky Mountain, Düsseldorf, auf die Adaptionsflächen. Korrigieren von Passungenauigkeiten mit dem Composite-Füllungsmaterial Adaptic.

Adaptieren der Schiene auf den vestibulären Zahnflächen, Auffüllen des kapillaren Spalts zwischen Schiene und Zähnen mit Haftflüssigkeit.

Befestigen des Mu -Metallplättchens mit Wachs exakt zentrisch auf der Vorderfläche des Meßwertaufnehmers.
Auftragen von Haftflüssigkeit und Composite Füllungsmaterial auf das Mu- Metallplättchen. Einschieben des Meßaufnehmers in das Futteral der paraokklusalen Schiene bis zum Zahnkontakt. Entfernen der Wachsreste nach Erhärten der Haftflüssigkeit.

3.3.4.2. Nullabgleich :

Beide Meßwertaufnehmer werden mit Hilfe von Fühlerlehren auf $350 \times 10^{-6}\text{m}$ Abstand zu den identischen Mu- Metallplättchen eingesetzt. (Abb. 8, 11)

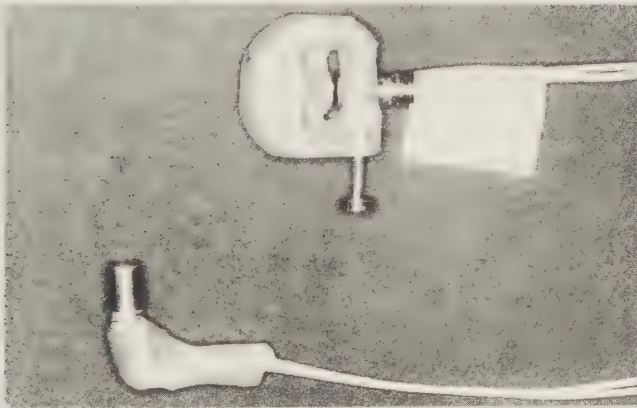


Abb. 11 : Meßwertaufnehmer und Referenzmeßwertaufnehmer.

Am Verstärker erfolgt der elektrische Abgleich bis zur 0-Anzeige des Analoginstrumentes.

Der Kompensationsschreiber wird in 0-Stellung gebracht.

3.3.4.3. Eichung :

Der Luftspalt wird am veränderlichen Meßwertaufnehmer mittels Fühlerlehre auf einen Abstand von $300 \times 10^{-6} \text{ m}$ Abstand reduziert.

Der Maximalausschlag des Meßschreibers wird auf den Papierrand begrenzt.

Der Luftspalt zwischen Zahn und Meßaufnehmer wird mechanisch wieder bis zur 0-Anzeige eingestellt.

Feststellung der Auslenkungsrichtung (z.B. vestibulär oder oral) im Mund und auf dem Kompensationsschreiber.

Überprüfen der Verschieblichkeit der eingeklebten totalen Schiene.

3.3.4.4. Entfernen der Schiene:

Entfernen der Schiene durch leichte Scherkräfte tangential an die Schiene, bis sie sich löst. Reinigen der Zahnfläche mit Zahnsteininstrument. Touchieren der geätzten Zahnfläche mit einer fluorhaltigen Flüssigkeit (Elmex fluid).

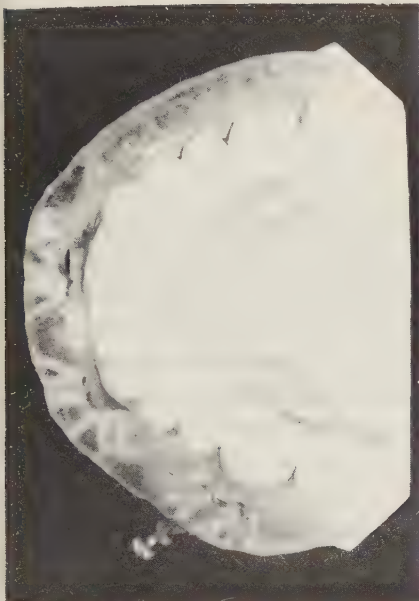


Abb. 12 :
Unterkiefermodell mit
paraokklusaler Schiene
Probandin A

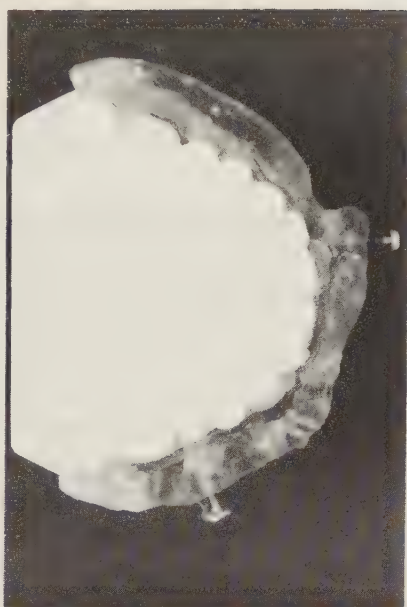


Abb. 13 :
Oberkiefermodell mit
paraokklusaler Schiene
Probandin A

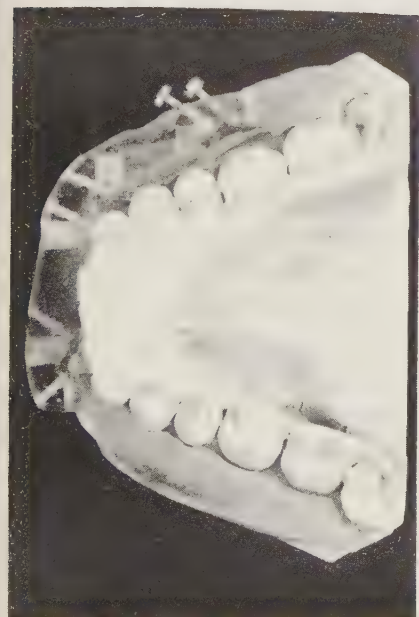


Abb. 14 :
Unterkiefermodell mit
paraokklusaler Schiene
Proband B

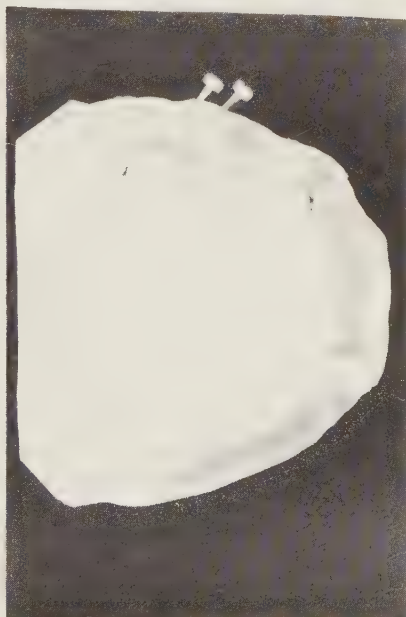


Abb. 15 :
Oberkiefermodell mit
paraokklusaler Schiene
Proband B

3.3.5. Klinische Messung (Vorversuch)

Bei Probandin A wurde die okklusionsbedingte Kinetik während der Leermastikation am laufenden Schreiber an folgenden Zähnen gemessen: Zahn 11, 23, 26, 41, 33, 36. Diese Auswahl der Zähne machte es möglich, Incisivi, Prämolaren und Molaren des Probanden in transversaler und horizontaler Richtung zu messen. Die Kinetik der 3 Zähne im Oberkiefer bzw. Unterkiefer, konnte mit Hilfe eines Meßwertaufnehmers, der in einer para-okklusalen Schiene fixiert war, registriert werden. Der Proband mußte folgendes Programm der Leermastikation (Abb. 12, 13) durchführen.

1. öffnen - schließen - pressen - öffnen
2. öffnen - schließen - pressen - vibr.-öffnen
3. öffnen - schließen - pressen - knirschen - öffnen
4. öffnen - schließen - pressen - hacken - öffnen
5. öffnen - schließen - pressen - UK li - öffnen
6. öffnen - schließen - pressen - UK re - öffnen
7. öffnen - schließen - pressen - UK vor - UK zurück-öffnen
(teilweise : Schlucken - Zungendruck)

Jede Programmeinheit wurde zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit dreimal wiederholt. Dieses Programm wurde bei jeder Einzelzahnmessung, wobei gleichzeitig beide Richtungen registriert wurden, von dem Probanden ausgeführt.

Bei Proband B wurden die Zähne 21, 13, 16, 32, 43 und 46 sowohl in horizontaler als auch in transversaler Richtung gemessen. (Abb. 14, 15) Die Reproduzierbarkeit der Einzelzahnmessungen läßt sich aus den Tabellen von Vor- und Hauptversuch entnehmen. Zwischen Vor- und Hauptversuch lag etwa eine Zeitspanne von 6 - 8 Monaten.

Die Nullpunkt-Konstanz blieb in den meisten Messungen bestehen. Manchmal ist die Nulllinie während einer langen Meßserie ausgewandert, ohne zur anfänglichen Nulllinie zurückzukehren; so wurden die Werte immer auf die momentane Nulllinie bezogen. In der Tabelle sind die maximalen Werte, die in den Aufzeichnungen gefunden wurden, angegeben. Anhand der Aufzeichnungen vom Schreiber (Vorversuch) und Oszillographen (Hauptversuch) kann die Dynamik in der Kinetik verfolgt werden. In der Tabelle sind aber nur die Anfangs- oder Endwerte, d.h. die Statik angegeben. Mit einer Fehlerbreite von ca. 12% bei Einstellung und Abgleich der Apparatur ist zu rechnen (SIEBERT, 60).

ELECTRODE PLACEMENT

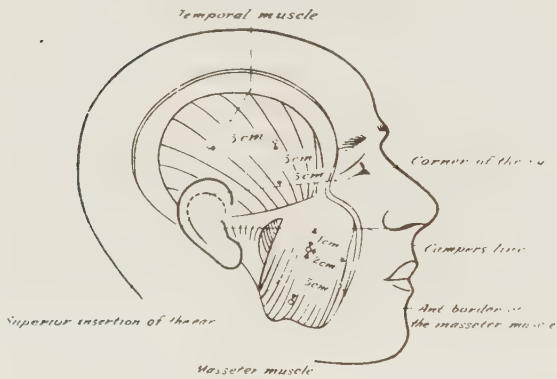


Abb. 16: Plazierung der Elektroden für den
M. masseter (und M. temporalis)
Aus AHLGREEN (2)

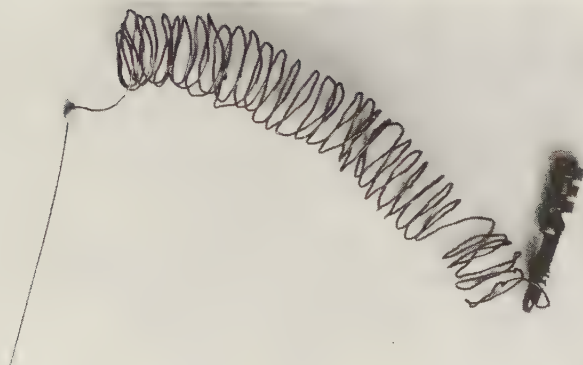


Abb. 17 : Insektennadelelektrode
 und Tuchelkontakt

3.4. Messung der Aktivität des M. masseter :

Zur Registrierung von biologischen Potentialen wurde ein Vierstrahl-Gleichstromoszillograph Nr- G. 84 der Firma Tönnies (Freiburg) verwandt.

3.4.1. Meßstelle :

Die Anlage besteht aus Nadelelektroden, einem Anschlußkasten für die Verstärker-Eingänge, einem Vorverstärker und dem Vierstrahlgleichstromoszillographen.

3.4.1.1. Nadelelektroden :

Die bioelektrischen Potentiale wurden mit Insektennadelelektroden abgeleitet, welche aus ca. 30 mm langen und 0,5 mm Ø Stahlnadeln bestehen und nicht isoliert waren. Die Ableitung erfolgt bipolar. Es kommt bei der Durchführung der Versuchsreihen auf eine Ableitung der Gesamtaktivität des Muskels und nicht auf die Registrierung einzelner motorischer Einheiten bzw. Fasern an. Deshalb fanden subcutan platzierte Nadelelektroden Verwendung. Sie bieten den Vorteil, daß sie den Probanden nicht zu sehr belästigen (Schmerzirritationen) und die Elektroden möglichst nahe dem zu messenden Muskel liegen. Die Platzierung der beiden Elektroden erfolgte nach Angaben von AHLGREEN (2). (Abb. 16) Die Nadelelektroden waren durch einen isolierten Kupferdraht mit den Differentialeingängen verbunden. Die Verbindung mit den Eingängen wurde durch Tuchelkontakte hergestellt. Diese Metallkontakte sind an den Kupferdraht angelötet und lassen sich leicht auf den Eingangskontakt aufschieben bzw. wieder abnehmen. Damit ließ sich eine problemlose Heißluftsterilisation der Nadeln erreichen (Abb. 17) Weiterhin wurde noch eine Elektrode verwandt, welche in Form einer Oberflächen elektrode in der Nähe der Ableitstelle angebracht wurde. (Zuvor wurde die Haut gereinigt und mit Elektrodensalbe bestrichen. Dann konnte die Elektrode mit Leukoplast fixiert werden.)

3.4.1.2. Differentialverstärkereingänge :

Um möglichst nahe Elektrodenzuleitungen zu erhalten, wurde der Kasten mit den Differentialeingängen in direkter Nähe des Probanden befestigt. Von den vorhandenen Differential-eingängen wurde nur einer benötigt. Die übrigen wurden mit der kurzgeschlossenen Erde verbunden.

3.4.1.3. Verstärkereinheit :

Die Eingangsimpedanz des Vorverstärkers ist $2 \times 3 \text{ MOHM}$. Die Endverstärker besitzen eine Empfindlichkeit von maximal $10 \text{ } \mu\text{V/cm}$ und eine sehr gute Störunterdrückung. Es wird ein sehr hoher Eingangswiderstand erzielt (330 KOHM). Das Frequenzverhalten der Apparatur entspricht den von LUDIN (42) geforderten Werten von 2 Hz-10 KHz. Die hohe Eingangsimpedanz des Verstärkers ist aus 2 Gründen erforderlich. Erstens kann bei einer hohen Eingangsimpedanz auch mit relativ hochohmigen Elektroden gearbeitet werden, ohne daß es zu einem nennenswerten Spannungsabfall über die Elektroden und damit zu einer Verzerrung der registrierten Potentiale kommt. Zweitens hat die Eingangsimpedanz einen großen Einfluß auf die Gleichtaktunterdrückung. Die Zeitkonstante betrug eine Sekunde, die Halbwertfrequenz 3 KHz. Infolge des Differentialverstärkerprinzips erscheint am Ausgang nur die Differenz zwischen den Signalen an beiden Eingängen. Dadurch werden Störeinflüsse von außen praktisch unterdrückt. Es müßte eine Elektrode über dem Muskelzentrum und die andere außerhalb des Muskelbezirkes (Ohr läppchen) plaziert werden. Infolge zu großer Volumleitung ist dies jedoch nicht durchführbar. Die registrierten Potentiale können an den zwei Schirmen des Kathodenstrahloszillographen zur sichtbaren Darstellung gebracht werden.

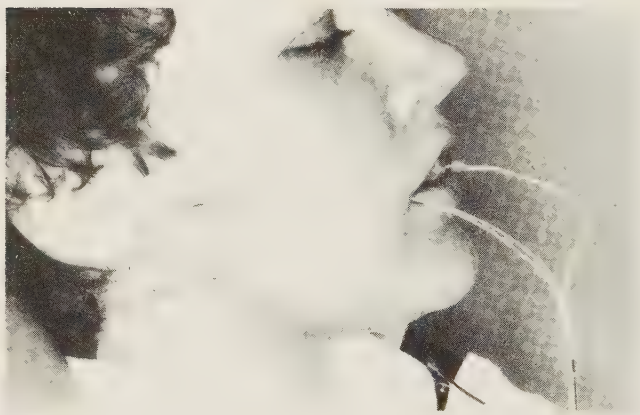


Abb. 18 : Probandin A während der
klinischen Messung.

3.4.1.4. Registriergerät :

Die am Bildschirm erscheinenden Signale wurden direkt mit der Kamera Recordine N (FA. Tönnies) aufgenommen. Es wurde eine Registriergeschwindigkeit von 50 mm/sec. gewählt. Als Filmmaterial dienten Positiv-Filme der Firma AGFA "OSZILLO-SCRIPT" im Format 40 m x 65 mm.

3.4.2. Klinische Messung und Reproduzierbarkeit (Abb. 18) (Hauptversuch) :

Registriert wurde bei Probandin A die Aktivität des rechten M. masseter (Kanal 1) mit gleichzeitiger Registrierung der okklusionsbedingten Kinetik eines Einzelzahnes (Kanal 4). Die Messung der Kinetik eines Einzelzahnes entspricht im Hauptversuch der Methodik von Kapitel 3.2. im Vorversuch, wobei jedoch nicht der Direktschreiber, sondern die synchrone Aufzeichnung auf den Vierstrahloszillographen gewählt wurde. Die Beschränkung auf zwei Kanäle des Oscillographen erfolgte zur besseren Darstellung. Bei Proband B wurde auf Kanal 1 die Aktivität des linken M. masseter registriert. Kanal 4 wurde- wie oben erwähnt- für die Zahnkinetik benutzt. Gewählte Verstärkung und Aufzeichnungsgeschwindigkeit sind jeweils auf den Kurven vermerkt. Die Reproduzierbarkeit der aufgezeichneten Muskelaktivitäten wird lediglich durch die leicht unterschiedliche Willkürinnervation des Probanden beim Ausführen der Kommandos beeinflusst. Jedoch lassen sich bei der qualitativen Beschreibung der Muskelaktivität recht gute, wiederkehrende Angaben machen.

3.4.3. Auswertung der Elektromyogramme :

Wie aus Kapitel 3.1.3. hervorgeht, wird sich weitgehend auf eine qualitative Beschreibung der Elektromyogramme beschränkt. Diese Beschreibung bezieht sich auf die Dauer der jeweiligen Muskelaktivität beim Durchführen eines Kommandos (z.B. Pressen), auf das Ausmaß der maximalen Amplitude und auf eine Differenzierung in schwache, mittlere und starke Willkürinnervation. Weiterhin läßt sich ein zeitlicher Bezug für die Kinetik des Einzelzahnes beschreiben. Interessant ist auch das Verhältnis von maximalem Einzelzahnausschlag und gleichzeitiger maximaler Amplitude des Elektromyogramms bei Durchführung der verschiedenen Kommandos.

Das Leermastikationsprogramm wurde in gleicher Weise wie im Vorversuch unter der gleichzeitigen Registrierung der Muskelaktivität des M. masseter ausgeführt. Bei diesem Hauptversuch wurde jeweils nur eine Auslenkungsrichtung des Zahnes zusammen mit der Muskelaktivität eines M. masseters registriert. Zur Eichung der Zahnauslenkung wurden am Oszillographenschirm 2 Punkte markiert, deren Abstand etwa 100 μm entsprechen. Mit Hilfe des Höhenreglers am Oszillographen konnte manuell am Ende des durchgeführten Programms mit dem Kathodenstrahl die Distanz von Punkt zu Punkt markiert und diese Markierung mit der Kamera aufgenommen werden.

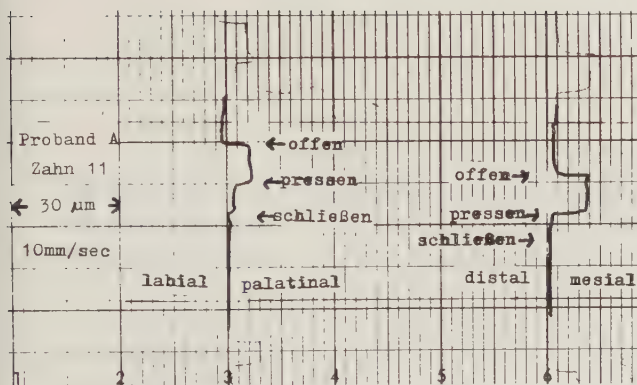


Abb. 19:
Zahnkinetik (Vorv.)
Schließen, Pressen

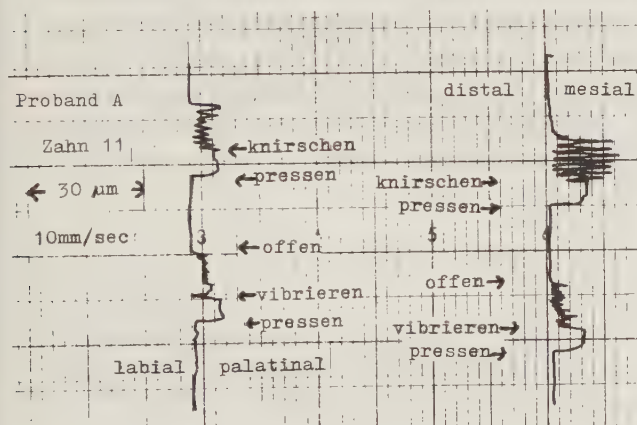


Abb. 20 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Vibrieren, Knirschen

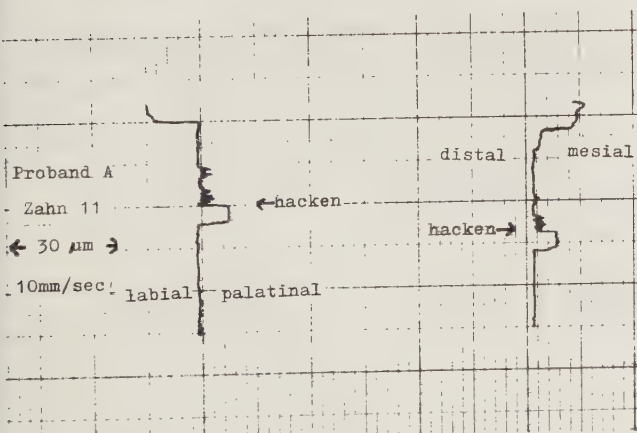


Abb. 21 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Hacken

4. ERGEBNISSE Proband A :

Zwischen Vor- und Hauptversuch liegt etwa eine Zeitspanne von 8 Monaten. Der Befund der Probandin A und die Tabellen aller durchgeführten Registrierungen sind Kapitel 9 zu entnehmen.

4.1. Schneidezähne :

Gemessen wurde das Antagonistenpaar 11 und 41. In habitueller Okklusion haben sie keinen Kontakt (Überprüfung mit Hanelfolie 21 μ m). Im Hauptversuch wurde bei jeder Messung die Aktivität des rechten M. masseter zusätzlich registriert. Bei der Beschreibung der Zahnauslenkungsrichtung wurde im Gegensatz zur Seitenzahnreihe bei den Schneidezähnen die mesiale-distale Auslenkung als Transversale und die labial-linguale (palatinal-nale) Auslenkung als Sagittale bezeichnet.

4.1.1. Kinetik :

Zahn 11, Vorversuch :

Beim Schließen ist zunächst eine physiologische Auslenkung (KAISER, 30) von 3 μ m nach lingual (palatinal) und 1 μ m nach mesial zu beobachten (Abb. 19).

Im weiteren Verlauf des Programms stellt sich die Nullage wieder ein.

Beim Pressen, Vibrieren, Knirschen und Hacken finden durchweg Auslenkungen des Zahnes nach lingual und mesial statt. (Abb. 19, 20, 21).

	sag. (μ m)	trans. (μ m)
Schließen	3 li	1 m
Pressen	9 li	9-12 m
Vibrieren	5 li-8 li	0- 6 m
Knirschen	3 li-9 li	0-18 m
Hacken	0-4 li	0- 3 m

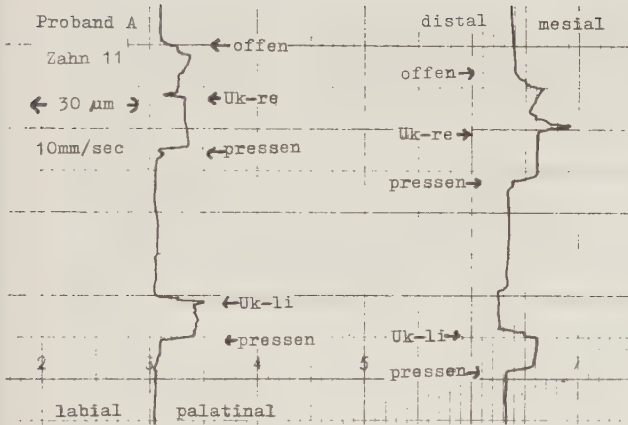


Abb. 22 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Unterkiefer links -
lateral, Unterkiefer
rechtslateral

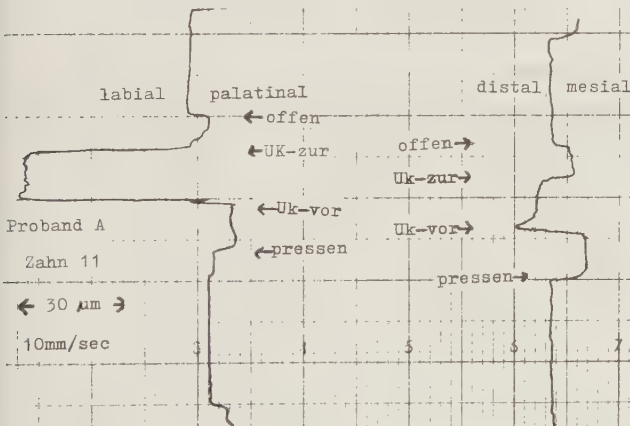


Abb. 23 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Unterkiefer vor,
Unterkiefer zurück.

Bei Linkslateralbewegungen lenkt der Zahn zunächst aus dem Pressen in der Anfangsphase noch 3 μ m weiter nach lingual aus, dann schwingt er zur Nulllage zurück. In der Transversalen geht der Zahn vom Pressen über die Nulllinie um 3 μ m nach distal (Abb. 22).

Bei Rechtslateralbewegungen geht der Zahn in der Sagittalen vom Pressen in Richtung Nulllinie (3 μ m li) und kommt dann wieder zum Wert beim Pressen zurück. In der Transversalen bewegt er sich zunächst von der Nulllinie weg (18 μ m m), um dann wieder zum Wert beim Pressen zurückzukommen (Abb. 22). Der Zahn führt bei der Bewegung mit.

	sag. (μ m)	trans. (μ m)
Pressen	9 li	9-12 m
UK-li	12 li-0	12m- 3 d
UK-re	9li-3li-9li	9m-18m-9m

Bei der Vorschubbewegung des Unterkiefers ist eine deutliche Labial- und eine geringe Distalauslenkung erkennbar. Beim Zurückgleiten des Unterkiefers schwingt der Zahn zurück in lingualer und mesialer Richtung. (Abb. 23)

	sag. (μ m)	trans. (μ m)
Pressen	9 li	9-12 m
UK-vor	9li-48la	12m-6d-0
UK-zur.	48la- 6li	0- 6 m

Zungendruck und Schlucken wurden nicht registriert.

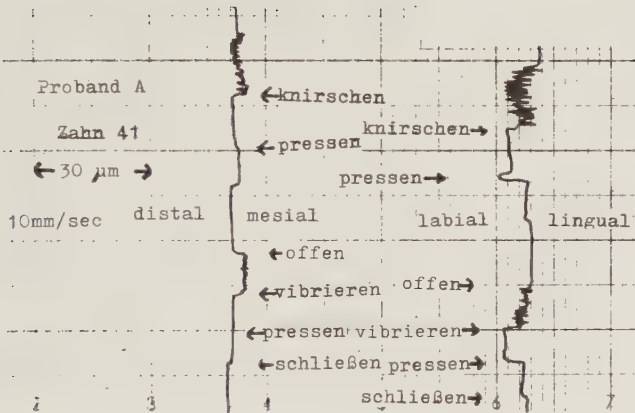


Abb. 24 : Zahnkinetik (Vorv.)
Schließen, Pressen,
Vibrieren, Knirschen

Hauptversuch : (Die Zahnkinetik im Hauptversuch ist auf den Abbildungen der Kapitel 4.1.2. und 4.1.3. ersichtlich).

Die etwa 8 Monate nach dem Vorversuch registrierten Werte (siehe Tabelle in Abschnitt 9), welche mit der gleichen paraokklusalen Schiene aufgenommen wurden, zeigen in ihrer Qualität keine Unterschiede zu den Werten vom Vorversuch. Die Werte liegen in sagittaler Richtung etwas höher und in transversaler Richtung fast gleich. Die relativ geringeren Differenzen beruhen wohl auf der unterschiedlichen Ausführung der Kommandos, seitens der Probandin. Beim Zungendruck findet eine deutliche Labial- und Distalauslenkung statt. Beim Schlucken zeigt sich eine Auslenkung nach labial und mesial (Abb. 35, 36, Seite 49).

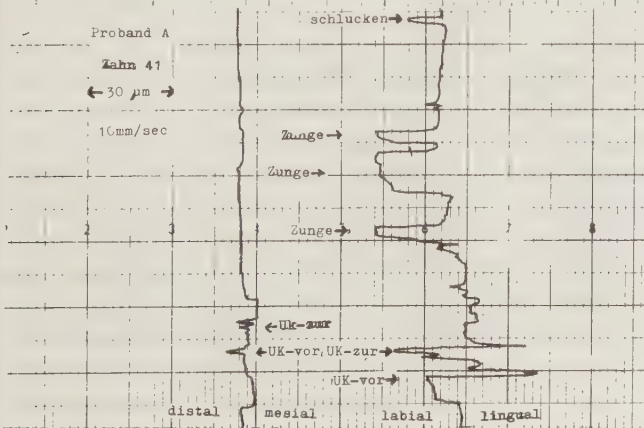
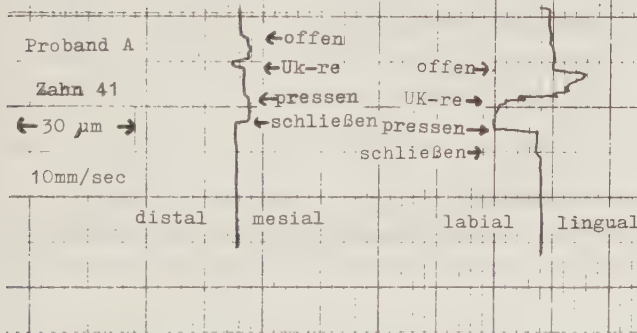
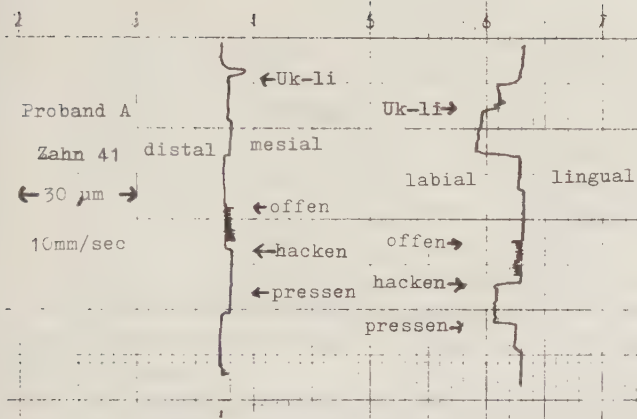
	sag. (μm)	trans. (μm)
Zungendruck	20 la	15 d
Schlucken	16 la	6 m

Zahn 41, Vorversuch :

Beim Schließen wird der Zahn um 3 μm nach labial und 3 μm nach mesial ausgelenkt. Beim Pressen findet weiterhin eine Labialauslenkung statt (9 μm), was wohl auf die Schachtelstellung der Front zurückzuführen ist.

	sag. (μm)	trans. (μm)
Schließen	3 la	3 m
Pressen	9 la	0

Vibrieren, Knirschen und Hacken zeigen Auslenkungen zwischen der Nullage des Zahnes und verschiedenen Werten in labialer Richtung. (Abb. 24, 25)



	sag. (μm)	trans. (μm)
Pressen	9 la	0
Vibrieren	5 la- 0	4-6 m
Knirschen	9 la- 0	0-5 m
Hacken	3 la- 0	0-3 m

Bei der UK-Lateralbewegung nach links geht der Zahn vom Pressen (9 μm labial) wieder zu seiner Nullage zurück, während er bei der Rechtslateralbewegung vom Pressen nach lingual (9 μm) auslenkt. Der Zahn ist mit dem Antagonisten 11 an der Führung beteiligt. (Abb. 25, 26)

	sag. (μm)	trans. (μm)
Pressen	9 la	0
UK-li	9 la-0	0-5 m
UK-re	9 la-9 li	um 0

Beim UK-Vorschub wird eine relativ starke Auslenkung nach lingual deutlich, welche ebenfalls auf einen Führungskontakt mit dem Antagonisten schließen läßt.

Bei "UK zurück" geht der Zahn erst wieder in die Nullage zurück, nachdem er nach labial (30 μm) und lingual (15 μm) ausgelenkt worden ist. (Abb. 27)

	sag (μm)	trans. (μm)
Pressen	9 la	0
UK-vor	9la-30li-0	3d - 3m
UK-zur.	0-30la-15li	3m - 0

Bei Zungendruck und Schlucken ist eine Labialauslenkung festzustellen. (Abb. 27)

	sag. (μm)	trans. (μm)
Pressen	9 la	0
Zungendruck	21 la	0
Schlucken	12 la	0

Hauptversuch:

Die Werte zeigen in ihrer Qualität kaum Unterschiede zu denen des Vorversuches. Es ist ein etwas stärkerer Trend in lingualer Auslenkungsrichtung festzustellen (siehe Tabelle in Abschnitt 9). So wird der Zahn beim Pressen nur um 3 μm nach labial ausgelenkt und beim Knirschen pendelt er auch in die linguale Richtung um 8 μm . Die transversale Richtung ist ähnlich wie beim Vorversuch nach mesial ausgerichtet (Abb. 30, Seite 46)

	sag. (μm)	trans. (μm)
Pressen	3 la	4 m
Knirschen	8la-8li	3 d- 8 m

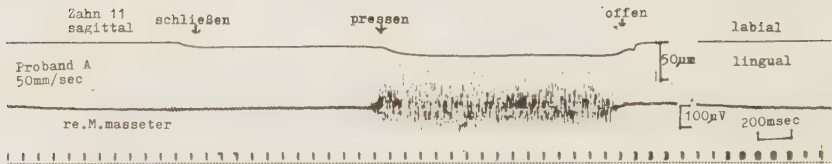


Abb. 28 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Schließen, Pressen.

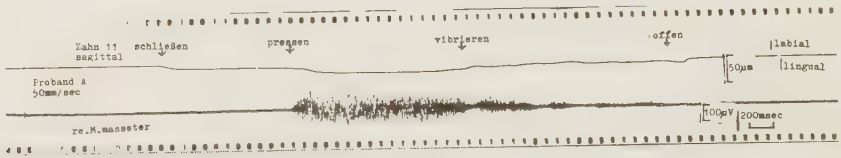


Abb. 29 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Vibriieren.

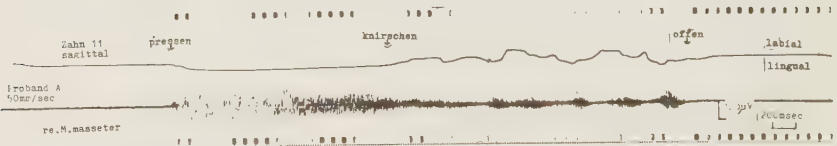


Abb. 30 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Knirschen.

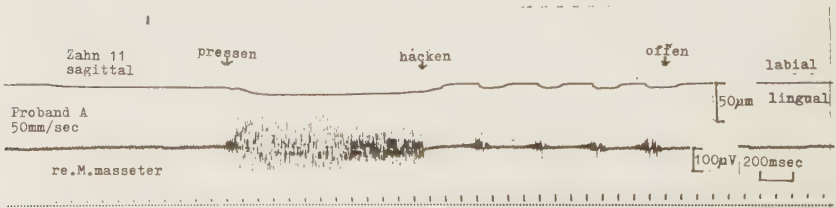


Abb. 31 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Hacken.

4.1.2. Elektromyographie (Hauptversuch):

Rechter M. masseter in Bezug zur Bewegung von Zahn 11 in sagittaler Richtung:

Während der gesamten EMG-Registrierung läßt sich eine 50 Hz Störspannung auf der Grundlinie erkennen. Beim Schließen sind keine Veränderungen der Grundlinie zu beschreiben (isotonische Kontraktion).

Das Interferenzmuster beim Pressen (max. Willkürinnervation) zeigt in der Anfangsphase (60 ms) niedrige Summenpotentiale, was als ein Austasten und Aufsuchen der maximalen Intercuspitation interpretiert wird.

Danach zeigt der Muskel sein volles Interferenzmuster beim Pressen (Dauer etwa 1600 ms). Am Ende des Pressvorganges bricht das Interferenzmuster wieder langsam, jedoch etwas schneller (30 ms) als zu Beginn der Preßaktion ab. Die maximale Amplitude beim Pressen beträgt etwa 400 μV . (Abb. 28)

Beim Vibrieren lassen sich den unilateralen Muskelkontraktionen entsprechend Aktivitätswellen mit max. Amplitude von etwa 160 μV erkennen, wobei die erste Kontraktion nach dem Pressen die stärkste ist. (Abb. 29)

Beim Knirschen sind die einzelnen Muskelkontraktionen besser abgesetzt als beim Vibrieren. Die max. Amplitude beträgt etwa 170 μV . Dauer des Aktionsmusters etwa 100-150 ms, wobei willkürliche Momente von Seiten des Probanden eine Rolle spielen. Alle unilateralen Muskelkontraktionen sind etwa gleich stark. (Abb. 30)

Auch beim "Hacken" treten im Rhythmus der Hackbewegung, etwa alle 300 ms Aktionsmuster auf (Dauer: 100 ms). Kennzeichnend für das Aktionsmuster beim Hacken ist bei dieser Versuchsperson das Erscheinen einer maximalen Amplitude (170 μV) in der zeitlichen Mitte der Kontraktion. (Abb. 31).

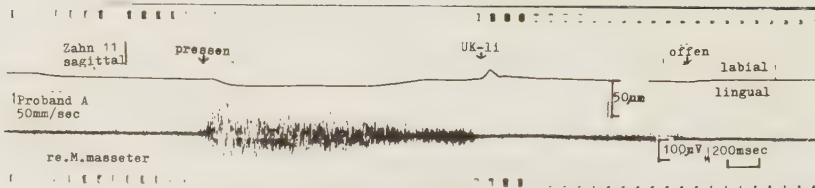


Abb. 32 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Unterkiefer linkslateral.

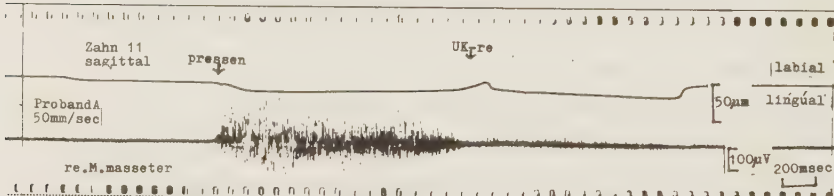


Abb. 33 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Unterkiefer rechtslateral.

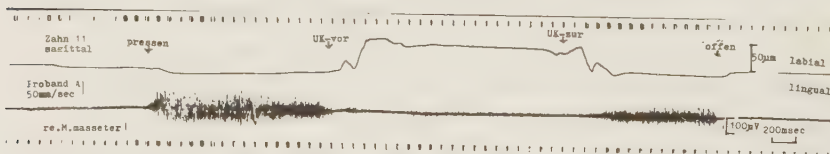


Abb. 34 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Unterkiefer vor und zurück.

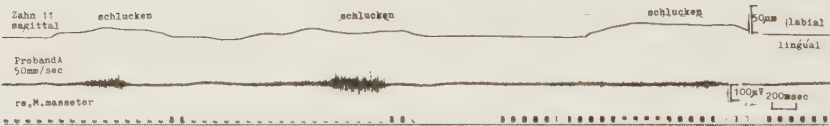


Abb. 35 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Schlucken.

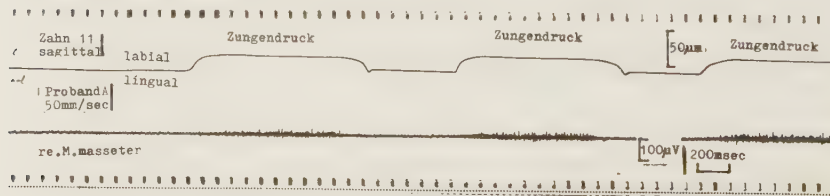


Abb. 36 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Zungendruck.

Der Preßvorgang vor den Unterkieferbewegungen läßt jeweils eine kontinuierliche Abnahme der maximalen Amplituden erkennen, was auf eine willkürliche Beeinflussung des Probanden schließen läßt. (Abb. 32)

Bei der UK-Bewegung nach links lateral müßte nach GÜPFERT (18) ein deutlicheres Aktivitätsmuster als bei der Rechtslateralbewegung zu sehen sein, da es sich beim rechten M. masseter um den Muskel der Gegenseite handelt. Diese Annahme kann bei diesem Probanden in allen Versuchsreihen nicht bestätigt werden. Zu Beginn der Linkslateralbewegung ist kaum eine Muskelaktivität erkennbar; erst in der zweiten Hälfte zeigt sich eine Amplitude von 40 μ V. (Abb. 32) Dagegen zeigen sich während der Rechtslateralbewegung von Beginn an kontinuierliche Aktionsströme mit Amplituden von etwa 40 μ V (Abb. 33)

Ebenso stellt sich bei UK vor und UK zurück die Muskelaktivität dar (Abb. 34). Die UK-Bewegungen finden alle unter Zahnkontakt statt. Somit hängt es von der Willkür des Probanden ab, in welchem Maße er die Zähne beim Führen belastet, und wie der Muskel aktiviert wird. Nach dem Kommando UK zurück geht dieser Proband wieder in die maximale Intercuspidation zurück. Das Interferenzmuster gleicht dem beim Preßvorgang, jedoch beträgt die maximale Amplitude etwa die Hälfte des Wertes vom Pressen.

Der Schluckvorgang zeigt bei 3-maliger Wiederholung unterschiedliche Aktivitätsmuster (Abb. 35).

Beim Zungendruck läßt sich eine geringe Masseteraktivität über die ganze Dauer des Vorganges mit einer max. Amplitude von etwa 60 μ V (Abb. 36) erkennen.

Die Aktivität des rechten M. masseter wurde bei der weiteren Durchführung des Hauptversuches, wobei beide Antagonisten in sagittaler und transversaler Auslenkungsrichtung aufgenommen wurden, jeweils in gleicher Weise aufgezeichnet. Eine erneute Beschreibung der Muskelaktivität während der Durchführung

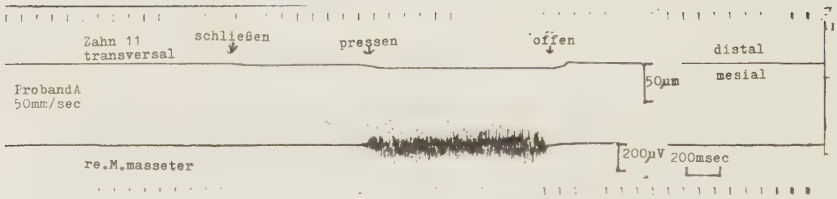


Abb. 37 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Pressen.

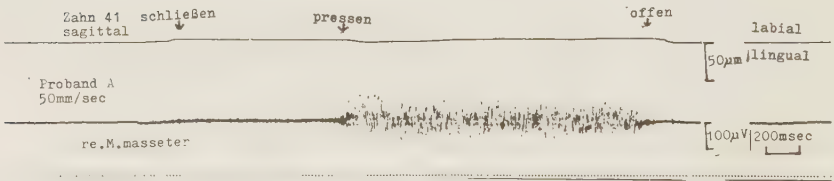


Abb. 38 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Pressen.

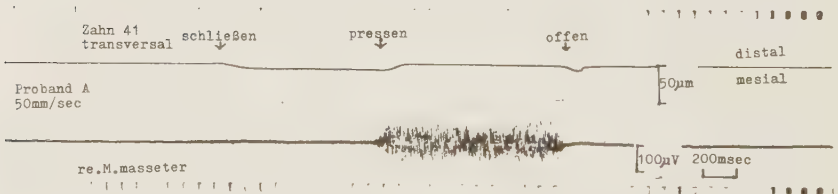


Abb. 39 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Pressen.

des Leermastikationsprogrammes bringt keine neuen Ergebnisse. Sowohl quantitativ als auch qualitativ zeigen sich gut reproduzierbare Ergebnisse. Bei der gleichzeitigen Aufzeichnung von Zahn 11 in transversaler Richtung beträgt beim Pressen die maximale Amplitude 500 μV . Bei der Aufzeichnung mit Zahn 41 in sagittaler Richtung 350 μV und bei Zahn 41 in transversaler Richtung ebenfalls 350 μV . (Abb. 37, 38, 39)

Die Veränderungen sind auf die geringfügig veränderten Elektrodenlagen während der verschiedenen Meßreihen zurückzuführen. Es wurde daher mit unterschiedlicher Empfindlichkeit aufgezeichnet. (Siehe Eichung).

Veränderungen hinsichtlich der Dauer der einzelnen Muskelaktionen ist auf das unterschiedliche Ausführen der Kommandos seitens des Probanden zurückzuführen.

Bei fast allen Aufzeichnungen fehlt sogar die beschriebene Störspannung auf der Grundlinie.

4.1.3. Zeitliche Koppelung von Kinetik und Elektromyographie (Hauptversuch)

Während des Schließens der Zahnreihen bewegt sich der Zahn in die jeweils entsprechende Richtung. Die Beteiligung des M. masseter läßt sich kaum erkennen, da es sich lediglich um leichte Willkürinnervationen handelt und hierzu die gewählte Empfindlichkeit des Versuchsaufbaus zu gering ist. Eine ganz geringe Aktivität von ca 15 μV ist jedoch zu sehen (Abb. 28).

Beim Pressen tritt die Zahnauslenkung erst etwa 60 ms nach den ersten Summenpotentialen im EMG auf. In der Anfangsphase des Pressens lassen sich für etwa 60 ms niedrige Summenpotentiale im EMG erkennen. Danach wird maximale Muskelaktivität sichtbar. Zu Beginn dieser Phase zeigt die Zahnkinetik eine kleine Welle, bevor der Zahn seine Maximalauslenkung erreicht.

Diese Beobachtungen lassen auf eine Austastung der maximalen Intercuspidation (=IOP) in der Initialphase des Pressvorganges schließen. Am Ende des Pressvorganges bricht das Interferenzmuster langsam ab, der Zahn schwingt erst etwa nach 120 ms in seine Ruhelage zurück (Abb. 32). Dieses Nachhinken ist bei allen Kommandos zu verfolgen.

Beim Vibrieren und Knirschen schwingt der Zahn kräftig im Rhythmus der unilateralen Muskelkontraktion (Abb. 29, 30). Es ist im Vergleich zum Pressen eine relativ geringe Muskelaktivität, jedoch erhöhte Zahnauslenkung zu beobachten. Durch die träge Rückstellbewegung des Zahnes ist oft eine Rückstellung in die Nullage zwischen den einzelnen bilateralen Kontraktionen nicht möglich.

Beim Hacken fällt das beschriebene, maximale Aktionspotential zeitlich mit dem Beginn der jeweiligen Zahnauslenkung zusammen. Es sind jedoch bei jeder Hackaktion schon 60 ms vor der Zahnauslenkung Muskelaktivitäten mit Amplitudengrößen von etwa 50 μ V zu erkennen. Bei Beendigung der Muskelaktivität benötigt der Zahn etwa 80 ms um wieder zur Ruhelage zu kommen. (Abb. 31).

Bei UK-Bewegungen findet sich zu Beginn der Ausführung der Bewegung, welche zeitlich mit der Richtungsänderung des Zahnes zusammenfällt, bis zu deren Ende ein relativ gleichartiges Aktivitätsmuster (Abb. 32, 33). Lediglich die Linkslateralbewegung zeigt die in 4.1.2. beschriebene Abweichung. Die Zahnbewegung bleibt auch während der zweiten Hälfte des Bewegungsablaufes, in der sich die Muskelaktivität verdoppelt hat, unbeeinflusst (Abb. 32).

4.1.4. Zusammenfassung :

Zusammenfassend kann über die zwei gemessenen Schneidezähne 11 und 41 und die gleichzeitig registrierte Muskelaktivität

des rechten M. masseter gesagt werden, daß die Hauptauslenkungsrichtung des Zahnes 11 eine linguale und mesiale ist. Die labiale Hauptauslenkungsrichtung des Zahnes 41 läßt sich durch die leichte Staffelstellung der unteren Front erklären.

Bei der klinischen Überprüfung mit Hanielfolie (21 µm) konnte bei leichtem Kieferschluß (=Schließen) festgestellt werden, daß kein Antagonistenkontakt besteht.

Unsere Meßdaten weisen jedoch darauf, daß bei etwas kräftigerem Schließen Kontakt besteht. Bei "UK-re" und bei "UK-vor" und "UK-zurück" führen die beiden Zähne mit.

Die Elektromyogramme zeigen, daß die beschriebenen Aktivitätsmuster durch die Mitarbeit der Probanden in Dauer und Stärke beeinflußt werden können und die Elektrodenlage Einfluß auf die Größe der Summenpotentiale nimmt. Es wird bestätigt, daß beim Auffinden der maximalen Intercuspidation (Pressen) im gleichen Moment die Aktivität des Muskels sprunghaft in die Höhe steigt. Die Zahnkinetik läuft zeitlich wesentlich träger ab, als die Muskelkontraktion. Eine Linearität zwischen Kraftaufwand und Amplitudengröße scheint zu bestehen.

Im Vergleich zum Pressen ist bei Vibrieren und Knirschen die Zahnauslenkung gegenüber der Muskelaktivität (absolut) erhöht. Die von GÖPFERT (18) beschriebenen Masseteraktivitäten während der Unterkieferlateralbewegungen lassen sich bei diesem Probanden nicht bestätigen.

4.2. Eckzähne :

Gemessen wurde das Antagonistenpaar 23 und 33. In habitueller Okklusion (=IOP) haben sie keinen Kontakt (Überprüfung mit Hanielfolie: 21 µm). Im Hauptversuch wurde bei jeder Messung

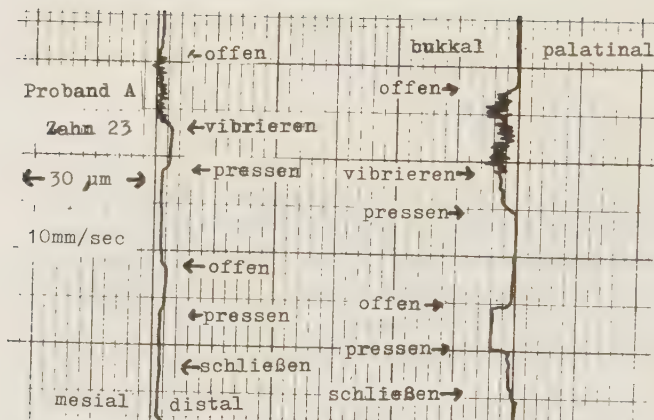


Abb. 40 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Schließen, Pressen,
Vibrieren.

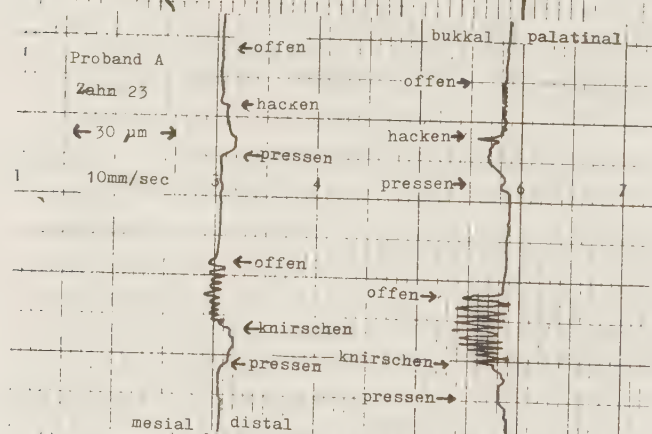


Abb. 41 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Knirschen, Hacken.

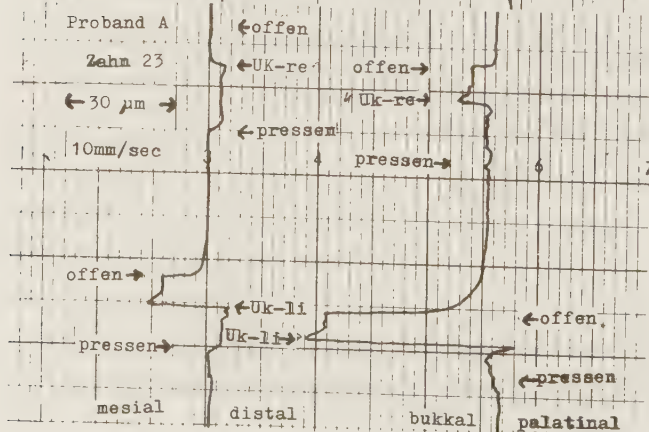


Abb. 42 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Unterkiefer links
und rechtslateral.

die Aktivität des rechten M. masseter registriert.

4.2.1. Kinetik :

Zahn 23, Vorversuch:

Der Zahn erhält beim Schließen eine Auslenkung nach bukkal (3 μ m) und distal (1 μ m). Beim Pressen verstärken sich die Auslenkungen in gleicher Richtung (6 μ m bukkal und 3 μ m distal). Beim Vibrieren, Knirschen und Hacken lassen sich Bewegungen des Zahnes nach bukkal und mesial erkennen (Abb. 40. 41).

	trans. (μ m)	sag. (μ m)
Schließen	3 bu	1 d
Pressen	6 bu	3 d
Vibrieren	3-9 bu	2m-2 d
Knirschen	0-15 bu	0-6 m
Hacken	0-2 bu	0-1 m

Bei der Bewegung des Unterkiefers nach links geht der Zahn in der Anfangsphase nach lingual (3 μ m), schlägt dann relativ stark nach bukkal (48 μ m) und mesial (15 μ m) aus (Abb. 42). Die Auslenkung um 12 μ m bukkal bei der Lateralbewegung nach rechts läßt sich durch eine Verschiebung der Schiene in Richtung des gemessenen Zahnes erklären. In sagittaler Richtung bewegt sich der Zahn aus dem Pressen (4 μ m distal) zu seiner Nullage (Abb. 42)

	trans. (μ m)	sag. (μ m)
Pressen	6 bu	4 d
UK-li	6 bu-3li-48 bu	6 d-15 m
UK-re	6 bu - 12 bu	4 d -0

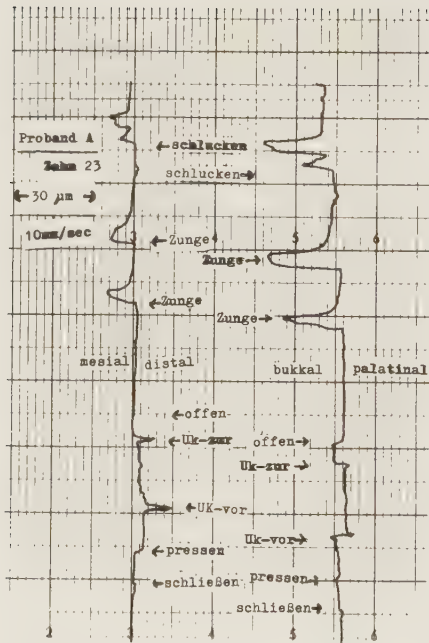


Abb. 43 : Zahnkinetik (Vorversuch)
 Unterkiefer vor und zurück,
 Zungendruck, Schlucken.

Die Bewegung des Unterkiefers nach vorne läßt den Zahn nach lingual ($3\text{ }\mu\text{m}$) und distal ($15\text{ }\mu\text{m}$) auslenken. Bei "Unterkiefer zurück" werden fast wieder die Werte des Pressens erreicht. (Abb. 43).

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	6 bu	4 d
UK-vor	6 bu-3li-0	4 d-15d-0
UK-zur	0-6 bu	0-9d-2d

Bei Zungendruck und Schlucken finden sich Werte in bukkaler und mesialer Richtung. (Abb. 43)

	trans. (μm)	sag. (μm)
Zungendruck	21 bu	9 m
Schlucken	21 bu	8 m

Hauptversuch :

Hier bestätigen sich die Werte vom Vorversuch in transversaler Richtung beim Schließen und Pressen nicht. Beim Pressen findet sich sogar eine Auslenkung nach lingual ($3\text{ }\mu\text{m}$). Diese Richtung würde eher mit der von SIEBERT (60) beschriebenen palatinalen Auslenkung beim Pressen übereinstimmen. (Abb. 48, Seite 62).

Auch die Werte beim Vibrieren, Knirschen und Hacken sind wesentlich stärker nach lingual orientiert. (Abb. 52, Seite 63). In der Sagittalen können ähnliche Werte, wie die des Vorversuches in mesialer und distaler Richtung beobachtet werden.

	trans. (μm)	sag. (μm)
Schließen	0	4 d
Pressen	3 li	0
Vibrieren	3 bu-8 li	5 d-5 m
Knirschen	12 bu-20li	5 d-12m
Hacken	2 bu-4 li	m 0

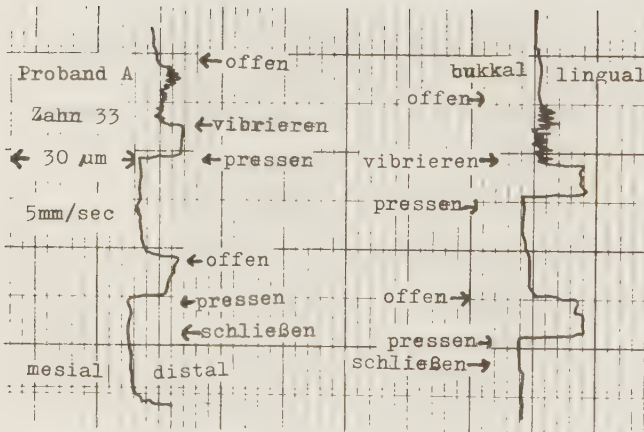


Abb. 44 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Schließen, Pressen,
Vibrieren.

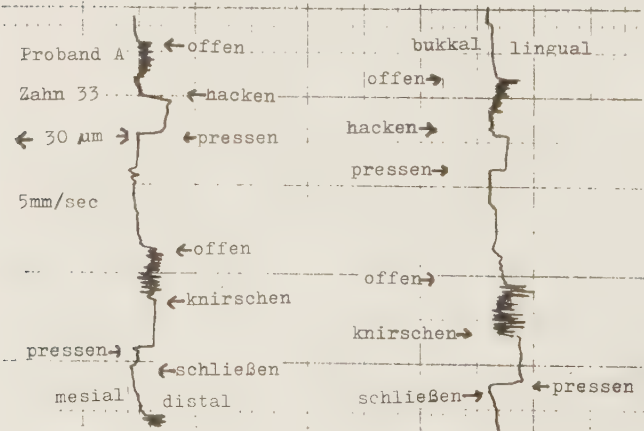


Abb. 45 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Knirschen, Hacken

Die Qualität der Zahnauslenkungen bei den Lateralbewegungen ist gleich. Bei "Uk links" beträgt die Bukkalauslenkung nur etwa 30 μm . (Abb. 53, Seite 63).

(Werte siehe Tabelle in Abschnitt 9)

Zahn 33, Vorversuch :

Zunächst wird der Zahn 33 beim Schließen 2 μm nach bukkal ausgelenkt. Es ist möglich, daß diese geringe Bukkalauslenkung durch den Druck der Zunge gegen den Zahn beim Schließen ausgelöst wird.

Beim Pressen findet sich eine Auslenkung nach lingual (15 μm) und distal (9 μm).

Beim Vibrieren, Knirschen und Hacken pendelt der Zahn zwischen der Nullage und der lingualen Richtung. Am deutlichsten findet dies beim Knirschen (0-15 μm lingual) statt (Abb. 44,45)

	trans. (μm)	sag. (μm)
Schließen	2 bu	0
Pressen	15 li	9 d
Vibrieren	2 bu-6 li	0-3 d
Knirschen	0 -15 li	0-6 d
Hacken	0 -12 li	0-4 d

Bei der UK-Lateralbewegung nach links geht der Zahn vom Pressen (9 μm lingual) weiter nach lingual (18 μm). Es liegt eine Führung des Zahnes bei dieser Bewegung vor. (Abb. 46).

Bei UK-rechts geht der Zahn vom Pressen über die Nullage bis 3 μm bukkal. Der Zahn schwingt ohne Antagonistenkontakt zur Nullage, wobei die geringe bukkale Auslenkung eventuell durch die elastische Deformierung der Mandibula bei der Lateralbewegung hervorgerufen wird. (Abb. 46)

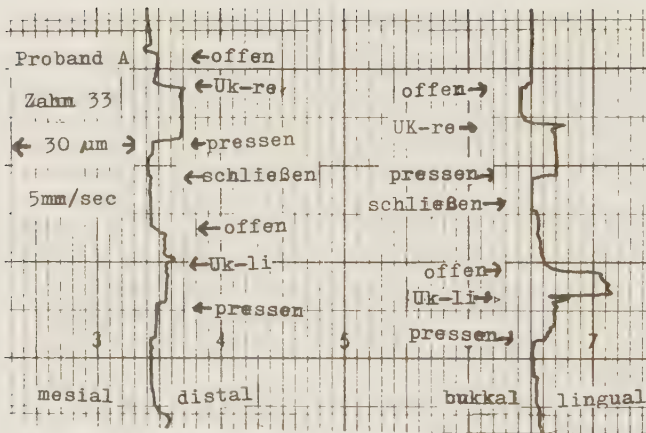


Abb. 46 : Zahnkinetik, (Vorversuch)
Unterkiefer links- und rechts-
lateral.

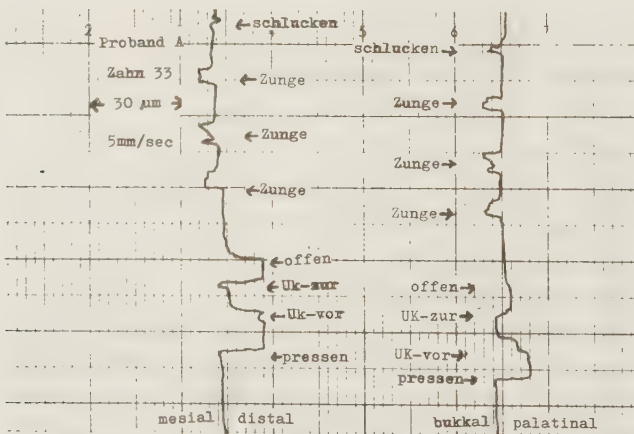


Abb. 47 : Zahnkinetik (Vorversuch)
Unterkiefer vor und zurück,
Zungendruck, Schlucken.

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	9 li	6 d
UK-li	9 li - 18 li	6 d - 3 d
UK-re	9 li - 3 bu	6 d - 0

Bei UK vor und UK zurück geht der Zahn vom Pressen zur Nullage und wieder zurück. Er scheint bei diesen UK-Bewegungen keinen Kontakt zu Antagonisten zu haben. (Abb. 47)

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	12 li	12 d
UK-vor	12 li-0	12 d-0
UK-zur	0-3li	0-12 d

Beim Zungendruck treten Auslenkungen nach bukkal (6 μm) und mesial (5 μm) auf. Beim Schlucken bewegt sich der Zahn nach bukkal und mesial-distal. (Abb. 47)

	trans. (μm)	sag. (μm)
Zungendruck	6 bu	5 m
Schlucken	6 bu	2 m-2 d

Hauptversuch :

In der Transversalen geht hier die Hauptauslenkung des Zahnes 33 ebenfalls nach lingual, wobei die Werte noch wesentlich deutlicher ausfallen (z.B. Pressen 40 μm lingual, Abb. 54, Seite 63). Ein Unterschied zum Vorversuch liegt in der Auslenkung um 4 μm lingual beim Schließen. In sagittaler Richtung wird der Zahn zwar beim Pressen ebenfalls nach distal ausgelenkt (12 μm), jedoch überwiegt bei den übrigen Leermastikationsbewegungen die mesiale Komponente (siehe Tabelle in Abschnitt 9).

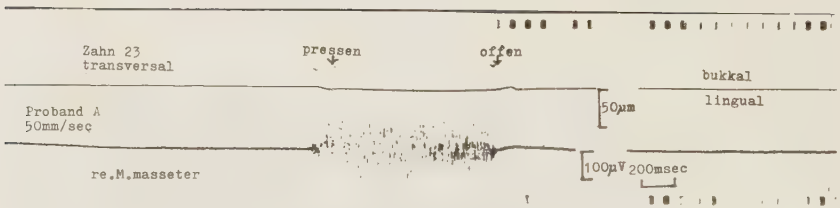


Abb. 48 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Pressen.

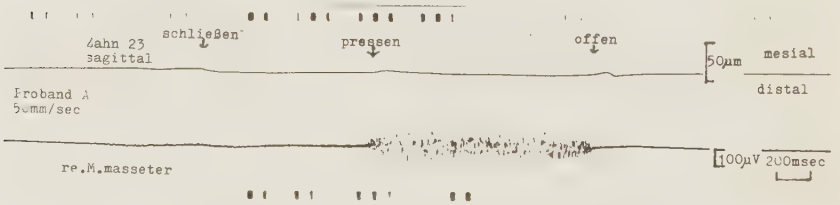


Abb. 49 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Pressen.

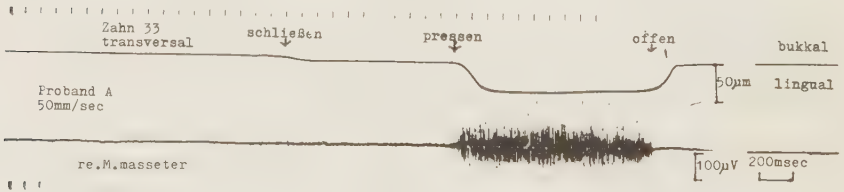


Abb. 50 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Pressen.

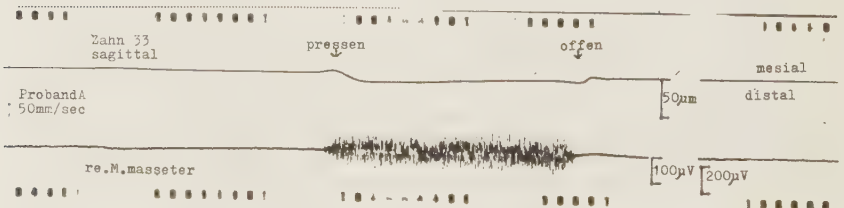


Abb. 51 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Pressen.

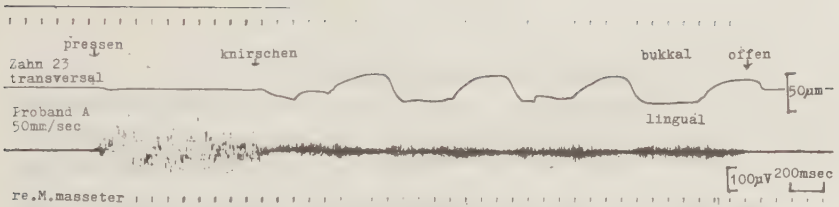


Abb. 52 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Knirschen.



Abb. 53 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Unterkiefer linksilateral.



Abb. 54 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Schlucken.

4.2.2. Elektromyographie (Hauptversuch) :

Die Aktivitätsmuster des rechten M. masseter entsprechen bei allen 4 Hauptversuchsreihen (Zahn 23 sagittal und transversal, Zahn 33 sagittal und transversal) in ihrer Qualität den in Abschnitt 4.1.2. beschriebenen. Lediglich die Absolutwerte zeigen gewisse Unterschiede und deuten auf eine geringe Veränderung der Elektrodenlage während der verschiedenen Meßreihen hin. Bei den beiden Aufzeichnungen von Zahn 23 beträgt die maximale Amplitude beim Pressen jeweils etwa 400 μV (Abb. 48, 49). Bei den Aufzeichnungen von Zahn 33 transversal etwa 350 μV (Abb. 50), bei Zahn 33 sagittal etwa 300 μV (Abb. 51). Bei Kommando Schlucken finden sich unterschiedliche Aktivitätsmuster. Der Proband führt den Schluckvorgang teils mit, teils ohne Zahnkontakt durch. Bei einigen Aufzeichnungen erreicht die Muskelaktivität hohe Werte. (Abb. 54).

4.2.3. Zeitliche Koppelung von Kinetik und Elektromyographie (Hauptversuch) :

Der Ablauf von Zahnbewegung und registrierter Muskelaktivität entspricht dem von Abschnitt 4.1.3. .

4.2.4. Zusammenfassung :

Zusammenfassend kann über die gemessenen Eckzähne 23 und 33 und die gleichzeitig registrierte Muskelaktivität des rechten M. masseter gesagt werden, daß die Hauptauslenkungsrichtungen für Zahn 23 lingual und mesial-distal sind, wobei im Vorversuch ein deutlicher Unterschied zum Hauptversuch in transversaler Richtung besteht. Eine Erklärung für die Änderung der Richtung nach bukkal kann nicht gegeben werden. (Evtl. Verblockung des gemessenen Zahnes mit Kunststoff). Die Werte in der Sagittalen weisen zwar nicht so große Qualitätsunterschiede auf, jedoch

lag eine ungenügende Reproduzierbarkeit vor. Die Hauptauslenkungsrichtungen für Zahn 33 sind lingual und distal, wobei im Hauptversuch, außer beim Pressen, eine Tendenz nach mesial zu erkennen ist.

Es liegt beim Schließen kein Antagonistenkontakt vor. Bei der Linkslateralbewegung treten bei Zahn 23 deutliche Auslenkungen nach bukkal, bei Zahn 33 Auslenkungen nach lingual auf. Diese Zähne sind demnach an der Führung des Unterkiefers nach links beteiligt.

Bei der Bewegung des Unterkiefers nach rechts liegt bei den Antagonisten keine Führungsbeteiligung vor. Die geringeren Bukkalauslenkungen lassen sich durch das Mitführen der Schiene (Muskelkräfte) während der Lateralbewegung und der elastischen Deformierbarkeit der Mandibula erklären. Bei "Unterkiefer vor" und "Unterkiefer zurück" führen die Zähne nicht mit. Vom Pressen gehen beide zu ihrer Nullage zurück.

Die gleichzeitig registrierte Muskelaktivität zeigt eine gute Übereinstimmung in qualitativer und quantitativer Beziehung zu dem bereits Beschriebenen der Schneidezahnmessungen. Beim Vergleich der maximalen Amplitude finden sich relativ gute Übereinstimmung, was auf eine gute Mitarbeit des Probanden schließen läßt.

4.3. Molaren :

Gemessen wurde das Antagonistenpaar 26 und 36. Im Hauptversuch wurde bei jeder Messung der rechte M. masseter registriert.

4.3.1. Kinetik:

Zahn 26, Vorversuch:

Beim Schließen wird der Zahn um 3 µm nach lingual und 3 µm nach distal ausgelenkt. Ebenso verhält sich die Auslenkungsrichtung beim Pressen, wobei die Werte in der Sagittalen größer sind (Abb. 55)

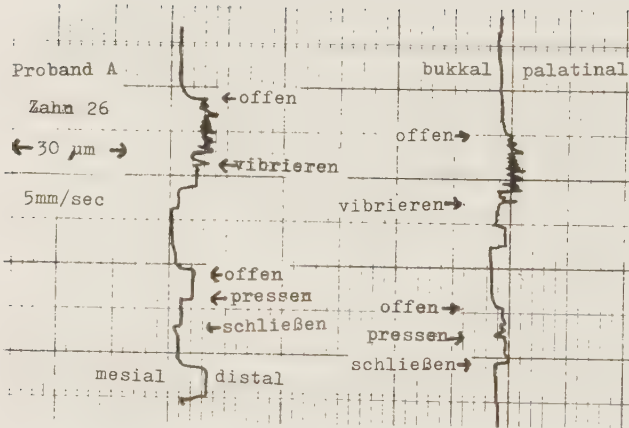


Abb. 55:
Zahnkinetik (Vorv.)
Schließen, Pressen,
Vibrieren.

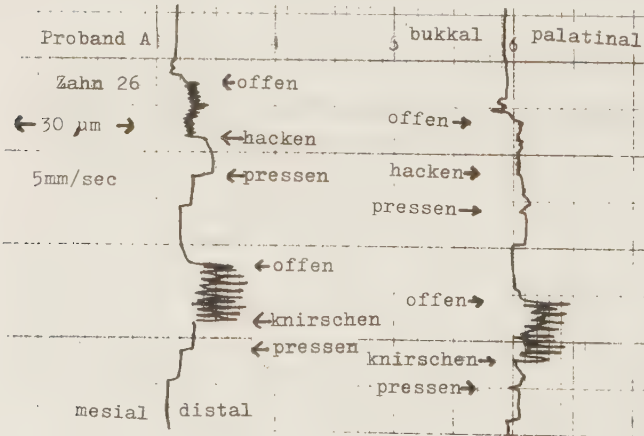


Abb. 56 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Knirschen, Hacken.

	trans. (μm)	sag. (μm)
Schließen	3 li	3 d
Pressen	3 li	6-8 d

Beim Vibrieren pendelt der Zahn zwischen seiner Nullage und deutlichen lingualen bzw. distalen Werten (0-9 μm li und 3-12 μm d). Eine Verstärkung der Auslenkungsrichtung läßt sich beim Knirschen erkennen. Beim Hacken sind die Werte geringer. Es findet sich eine Auslenkung von 0 nach 3 μm lingual und von 0 nach 4 μm distal (Abb. 55, 56)

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	3 li	6 d
Vibrieren	0-9 li	3-12d
Knirschen	0-15 li	6-20d
Hacken	0-3 li	0-4 d

Bei der Unterkiefer-Lateralbewegung nach links geht der Zahn von 3 μm lingual beim Pressen nach 24 μm lingual am Ende der Bewegung, was auf ein Mitführen des Zahnes schließen läßt. Bei der Rechtslateralbewegung geht der Zahn vom Wert des Pressens zu seiner Nullage zurück (Abb. 57).

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	3 li	9 d
UK-li	3 li-24 li	18d-0
UK-re	3 li- 0	3d-0

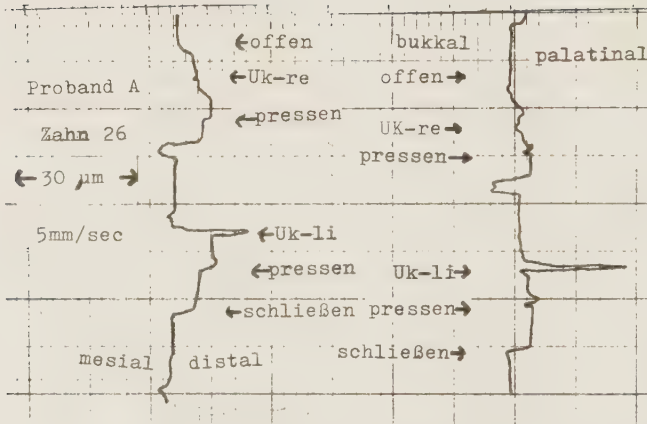


Abb. 57 :
Zahnkinetik, (Vorv.)
Unterkiefer links- u.
rechtslateral.

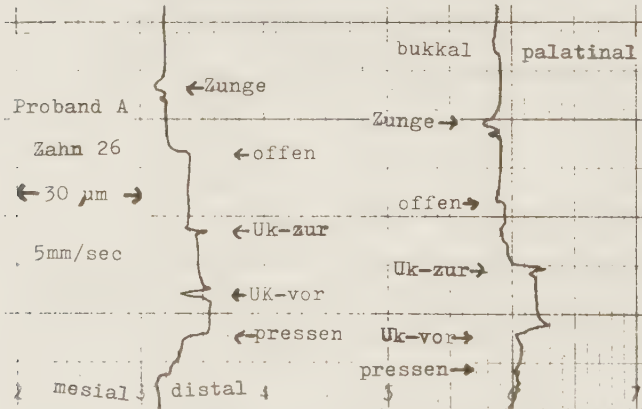


Abb. 58 :
Zahnkinetik, (Vorv.)
Unterkiefer vor und
zurück, Zungendruck

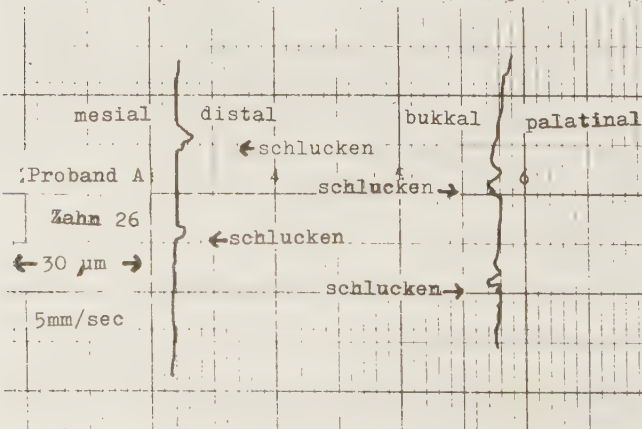


Abb. 59 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Schlucken,

Auch bei der UK-Vorbewegung scheint der Molar 26 in Kontakt zu seinem Haupt- bzw. Nebenantagonisten zu stehen, was die Auslenkungswerte von 12 μm nach palatinal zum Ausdruck bringen (Abb. 58). Die Werte des Pressens werden bei Durchführung des Kommandos UK-zurück nicht ganz erreicht.

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	5 p	12 d
UK-vor	5li-12li-9li	12d-5d-9d
UK-zurück	9li-12li-3li	9d-12d-6d

Bei Zungendruck geht der Zahn in die zu erwartende bukkale und mesiale Richtung (Abb. 58).

Der gleiche Wert aber nach bukkal und mesial wird beim Schlucken erreicht, was auf eine Beteiligung der Zunge während des Schluckvorganges schließen läßt (Abb. 59).

	trans. (μm)	sag. (μm)
Zungendruck	5 bu	3 m
Schlucken	5 bu	3 d

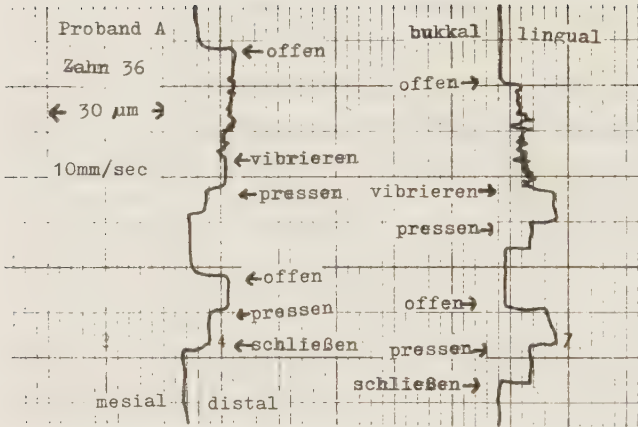


Abb. 60 :
Zahnkinetik, (Vorv.)
Schließen, Pressen,
Vibrieren.

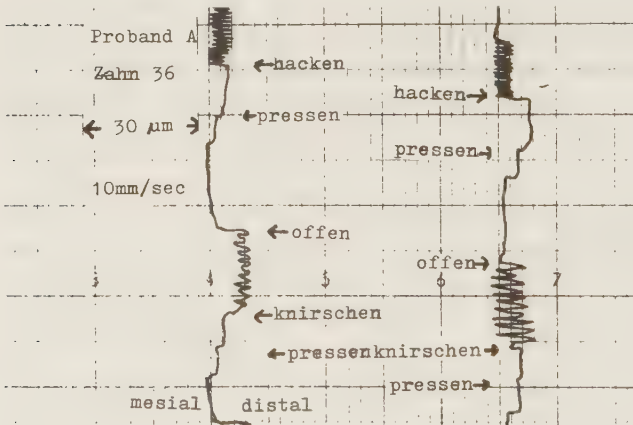


Abb. 61 :
Zahnkinetik, (Vorv.)
Knirschen, Hacken.

Hauptversuch :

Sowohl in Qualität als auch in der Quantität ergibt sich in Bezug zur Erstmessung eine gute Übereinstimmung. (Werte: siehe Tabellen in Abschnitt 9). Lediglich bei der UK-links Lateralbewegung und UK-Vorbewegung geht der Zahn vom Wert beim Pressen zur Nullage zurück. Es scheint dabei kein Antagonistenkontakt zu bestehen. (Abb. 65, 66, Seite 73)

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	8 li	16 d
UK-li	10 li-0	20 d-0
UK-vor	12 li-0	16-5 d

Der Wert von 8 μm lingual beim Schlucken ist durch ein Schließen der Zahnreihe während des Schluckvorganges gut zu erklären (Abb. 67, Seite 73).

Zahn 36, Vorversuch :

Beim Schließen geht der Zahn 36 um 8 μm nach lingual und 5 μm nach distal. Größere Werte in gleichen Richtungen werden beim Pressen erreicht (Abb. 60).

	trans. (μm)	sag. (μm)
Schließen	8 li	5 d
Pressen	15 li	12 d

Beim Vibrieren und Knirschen bewegt sich der Zahn in der transversalen Richtung zwischen seiner Nullage und 8 μm bzw. 15 μm lingual und in sagittaler Richtung zwischen 6 μm und 10 μm distal (Abb. 60, 61). Ebenfalls findet sich beim Hacken eine Lingual- und Distalauslenkung (Abb. 61).

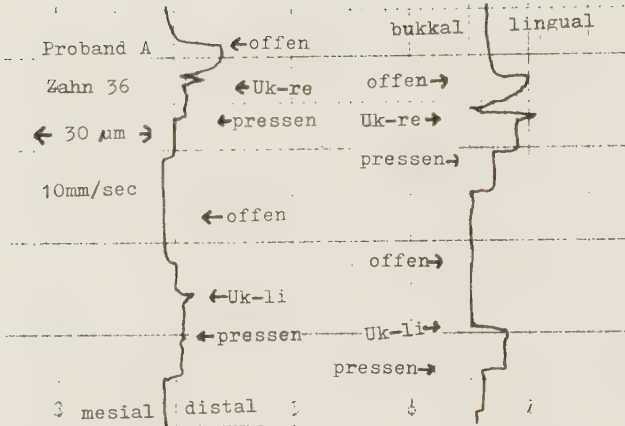


Abb. 62 :
Zahnkinetik, (Vorv.)
Unterkiefer links-
und rechtslateral.

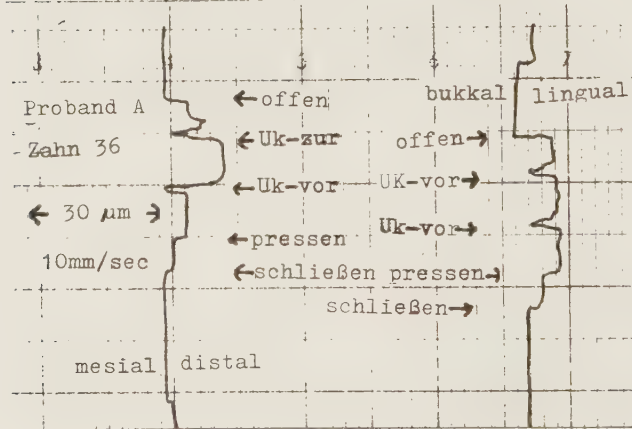


Abb. 63 :
Zahnkinetik, (Vorv.)
Unterkiefer vor und
zurück.

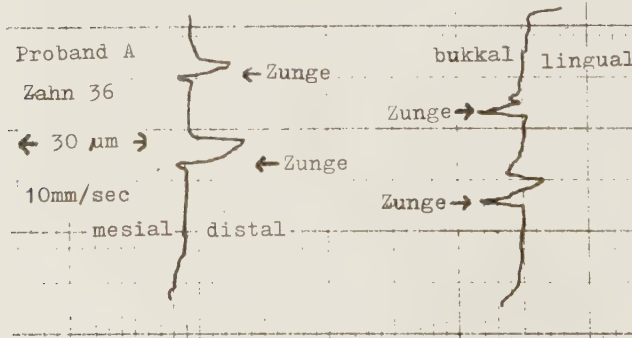
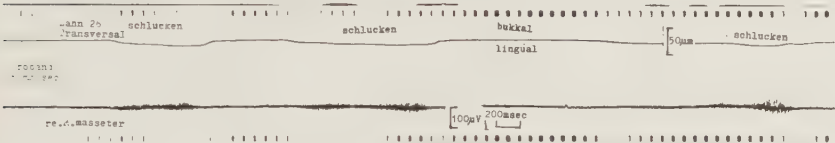
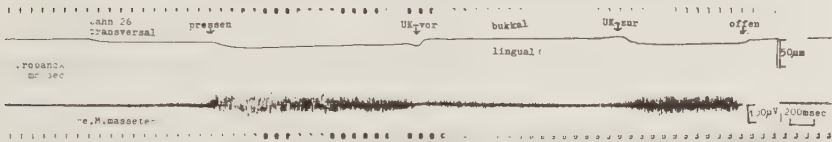


Abb. 64 :
Zahnkinetik, (Vorv.)
Zungendruck.



	trans. (μ m)	sag. (μ m)
Vibrieren	8li-0	6d-12d
Knirschen	15li-0	6d-10d
Hacken	0-5li	0-6d

Die Unterkieferlateralbewegung nach links zeigt, daß der Zahn vom Pressen direkt zu seiner Nullage findet. (Abb. 62) Bei der Bewegung nach rechts geht der Zahn um 12 μ m nach lingual bzw. 15 μ m distal über seine Nullage hinaus. Es liegt wohl ein Balancekontakt mit dem Antagonisten vor. (Abb. 62) Bei UK-vor und UK-zurück deuten die Zwischenwerte auf eine Führungsmitbeteiligung des Zahnes hin. (Abb. 63)

	trans. (μ m)	sag. (μ m)
Pressen	9 li	6 d
UK-li	9li-0	6d-0
UK-re	9li-0-12li	6d-10d-15d
UK-vor	9li-3li-9li	6d-0-15d
UK-zurück	9li-3li-9li	15d-0-8d

Durch Zungendruck geht der Zahn nach bukkal und distal (Abb. 64),

	trans. (μ m)	sag. (μ m)
Zungendruck	9 bu	12 d

Schlucken wurde nicht aufgezeichnet.

Hauptversuch:

Hier ergeben sich bei einigen ausgeführten Kommandos qualitativ andere Werte, so z.B. beim Schließen und Hacken (Abb. 68, Seite 73). Auslenkungen in bukkaler Richtung. Die sagittale Komponente ist der des Vorversuches gleich. Bei

allen UK-Bewegungen deuten die Werte auf eine Mitbeteiligung des Zahnes bei der Führung bzw. auf Balance hin. Eine Erklärung für diese Differenzen hinsichtlich der Qualität zur Erstmessung erscheint schwierig.

(Werte siehe Tabelle in Abschnitt 9.)

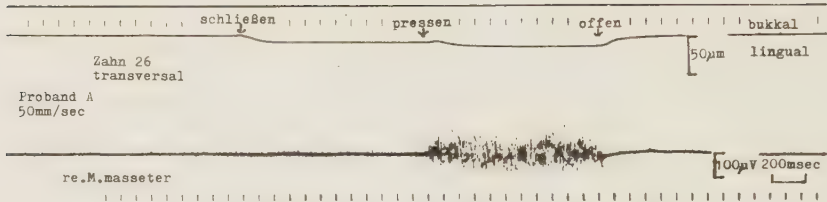


Abb. 69 : Elektromyogramm und Kinetik (Hauptversuch)
Pressen.

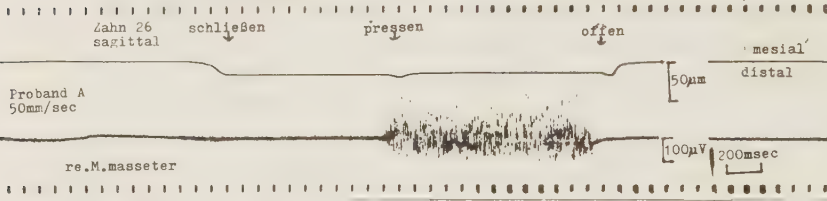


Abb. 70 : Elektromyogramm und Kinetik (Hauptversuch)
Pressen.

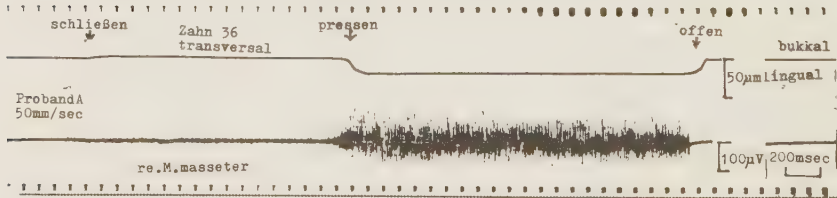


Abb. 71 : Elektromyogramm und Kinetik (Hauptversuch)
Pressen.

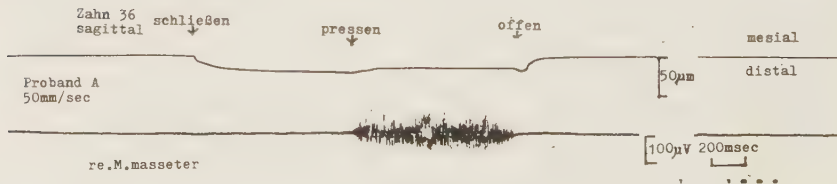


Abb. 72 : Elektromyogramm und Kinetik (Hauptversuch)
Pressen.

4.3.2. Elektromyographie (Hauptversuch) :

Die Aktivitätsmuster des rechten M. masseter entsprechen bei allen 4 Hauptversuchsreihen (Zahn 26 sagittal und transversal, Zahn 36 sagittal und transversal) in ihrer Qualität den in Abschnitt 4.1.2. beschriebenen. Lediglich die Absolutwerte zeigen geringe Unterschiede. Die maximale Amplitude beim Pressen beträgt bei Zahn 26 in beiden Versuchsreihen etwa 400 μV , (Abb. 69, 70), bei Zahn 36 etwa 300 μV (Abb 71,72). Es liegt eine geringe Störspannung vor.

4.3.3. Zeitliche Koppelung von Zahnkinetik und EMG (Hauptversuch):

Der Ablauf von Zahnbewegung und registrierter Muskelaktivität entspricht denen von 4.1.3.

4.3.4. Zusammenfassung :

Zusammenfassend kann über die gemessenen Molaren 26 und 36 und die gleichzeitig registrierte Muskelaktivität des rechten M. masseter gesagt werden, daß die Hauptausrückungsrichtung der beiden Zähne eine linguale und eine distale ist. Diese Richtungen werden sowohl im Vor- als auch im Hauptversuch bestätigt. Bei den Unterkieferbewegungen zeigen sich sowohl bei Zahn 26 als auch bei Zahn 36 verschiedene Auslenkungswerte im Vor- und Hauptversuch. Es ist möglich, daß die Kommandos nicht exakt gleich ausgeführt wurden. Hinsichtlich der gleichzeitig registrierten Muskelaktivität im Hauptversuch werden die Ergebnisse der vorherigen Messungen bestätigt.

5. ERGEBNISSE Proband B :

5.1. Schneide- und Eckzähne:

Gemessen wurden die Antagonistenpaare 21, 32, und 13, 43. Beim Schließen besteht kein Kontakt (Oberprüfung mit Hanel-folie: 21 μ m).

Beim Proband B wurde der Hauptversuch nur bei den Molaren durchgeführt. Bei den Schneidezähnen und Eckzähnen werden nur die Ergebnisse des Vorversuches beschrieben. (Tabelle siehe in Abschnitt 9).

5.1.1. Kinetik, Vorversuch:

Zahn 21 :

Die Hauptauslenkungsrichtung des Zahnes 21 erfolgt in bukkaler und mesialer bzw. distaler Richtung. Die Werte sind speziell beim Pressen und Schließen sehr unterschiedlich in ihrer Qualität. Es ist anzunehmen, daß der Proband die Kommandos nicht exakt ausführte, oder es könnte bei der Registrierung ein technischer Mangel (z.B. Verblockung) die unterschiedlichen Ergebnisse verursacht haben.

Zahn 32 :

Die Hauptauslenkungsrichtung ist eine linguale und distale. Beim Pressen betragen die Werte 5 μ m lingual und 3 μ m distal. Beim Vibrieren und Knirschen findet eine Auslenkung in labialer und lingualer Richtung statt.

Bei den Lateralbewegungen geht der Zahn jeweils vom Pressen zu seiner Nullage zurück. Die starke Labialauslenkung des Zahnes 32 bei Uk-vor läßt auf eine Führungsbeteiligung mit den Antagonisten schließen. Das "Schlucken" scheint unter Zahnkontakt (wie Pressen) stattzufinden.

Zahn 13 :

Der Zahn wird hauptsächlich nach lingual und mesial ausgelenkt. Beim Pressen finden sich Auslenkungen von 30 μm lingual und 10 μm mesial. Beim Vibrieren und Knirschen pendelt der Zahn zwischen lingual und bukkal. Der deutliche Bukkalausschlag bei der UK-Bewegung nach rechts bestätigt die Führungsbeteiligung des Eckzahnes.

Bei UK-vor und zurück lassen die Aufzeichnungen keine eindeutige Erklärung zu. Das Schlucken wird einmal mit Zahnkontakt (6 μm lingual) und einmal ohne (6 μm bukkal) ausgeführt.

Zahn 43 :

Im Unterkiefer wird der Eckzahn nach lingual und distal ausgelenkt. Die Werte beim Pressen betragen 9 μm lingual und 12 μm distal.

Beim Vibrieren und Knirschen pendelt der Zahn wie sein Antagonist zwischen lingualer und bukkaler Auslenkungsrichtung. Der geringe Ausschlag beim "Hacken" läßt auf eine schwache Ausführung der Kommandos schließen. Auf eine Führungsbeteiligung des Zahnes bei der UK-Rechtslateralbewegung deutet die Auslenkung nach lingual hin. Bei UK-vor und UK-zurück scheint der Zahn nicht mitzuführen, da er jeweils vom Pressen wieder in Richtung Nullage zurückgeht. Schlucken wird ohne Zahnkontakt ausgeführt.

5.2. Molaren:

Gemessen wurde das Antagonistenpaar 16 und 46. Im Hauptversuch wurde bei jeder Messung der linke M.masseter registriert. Die Tabellen für die Zahnkinetik sind in Abschnitt 9 ersichtlich.

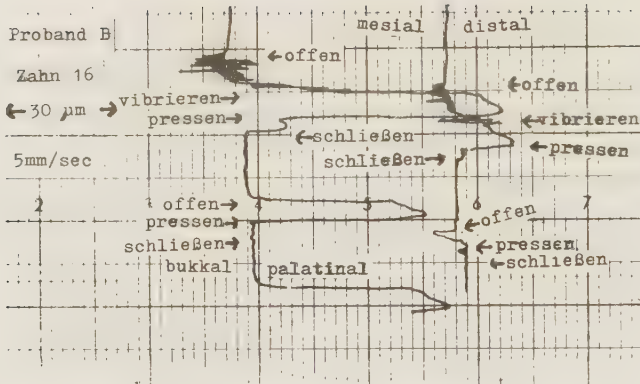


Abb: 73 : Zahnkinetik (Vorversuch)
Schließen, Pressen, Vibrieren.

5.2.1. Kinetik :

Zahn 16, Vorversuch :

Beim Schließen erhält der Zahn eine nach distal und lingual gerichtete Auslenkung, wobei beobachtet wird, daß zu Beginn der Messung sich der Zahn in seiner Auslenkungsrichtung entgegengesetzt verhält, was entweder mit der Flüssigkeitsverschiebung im Parodontium (HOFMANN, 23) oder als ein gegenseitiges Austasten der Zähne angesehen werden kann, um die maximale Intercuspidation zu finden (SIEBERT, 60).

Beim Pressen wird eine deutliche Auslenkung nach lingual und distal mit einem hohen Wert von 70 μm nach lingual (evtl. geringer Lockerungsgrad) gefunden. (Abb. 73)

	trans. (μm)	sag. (μm)
Schließen	2 li	3 d
Pressen	70 li	15 d

Während des Vibrierens und Knirschen bewegt sich der Zahn sowohl nach lingual und distal, als auch nach bukkal und mesial. (Abb. 73, 74) Hacken wurde nicht registriert.

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	70 li	15 d
Vibrieren	8 bu-10 li	4m- 6d
Knirschen	20 bu-40 li	3m-20d
Hacken	_____	_____

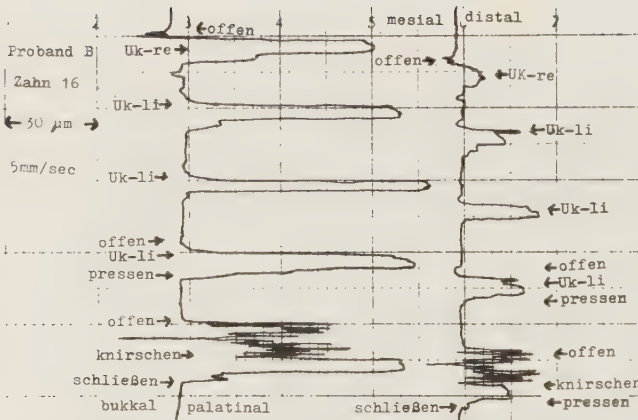


Abb. 74 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Knirschen, Unterkiefer
links- u. rechtslateral.

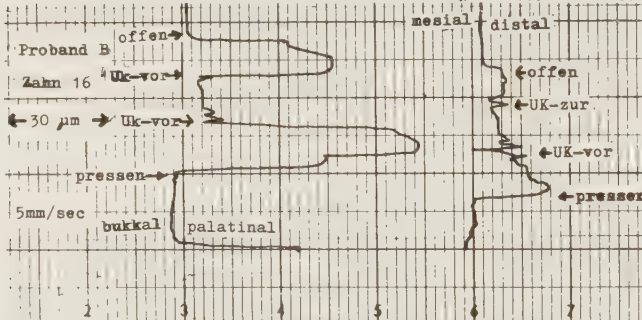


Abb. 75 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Unterkiefer vor und
zurück.

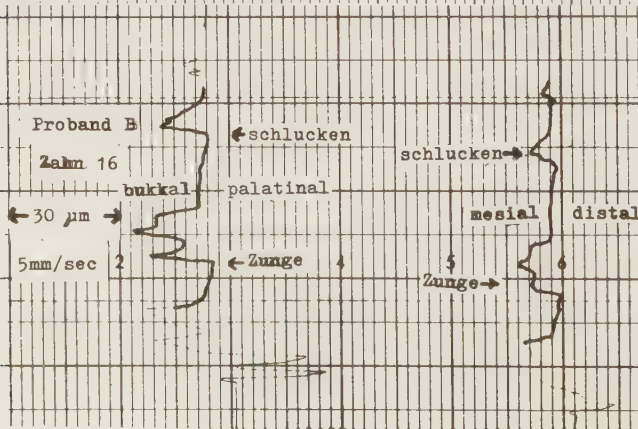


Abb. 76 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Zungendruck,
Schlucken.

Bei der UK-Lateralbewegung nach links ergibt sich, daß der Zahn, ebenso wie im Vorschub diskludiviert (Rückgang vom Pressen zur Nulllinie). (Abb. 74, 75)

Bei der Lateralbewegung nach rechts deutet der Bukkalauerschlag während der Bewegung auf ein Mitführen des Zahnes hin (Abb. 74).

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	70 p	15 d
UK-li	70p-0	15d-0
UK-re	70p-15bu-0	15d-6m
UK-vor	70p-0	15d-0
UK-zurück	0-40 p	0-6d

Beim Schlucken und beim Zungendruck gegen den Zahn finden sich Auslenkungen nach bukkal und mesial (Abb. 76).

	trans. (μm)	sag. (μm)
Zungendruck	15 bu	10 m
Schlucken	10 bu	6 m

Hauptversuch :

In ihrer Qualität sind die Ergebnisse des Vorversuches und des Hauptversuches übereinstimmend. Quantitativ sind geringe Abweichungen vorhanden. (Werte siehe Tabelle in Abschnitt 9). Der zusätzliche Zwischenwert in bukkaler und mesialer Richtung bei UK-vor und UK-zurück läßt auf einen Antagonistenkontakt des Zahnes während dieser Bewegung schließen (Abb. 79, Seite 84). Vermutlich liegt ein unterschiedliches Ausführen der Kommandos seitens des Probanden im Vor- und Hauptversuch vor.

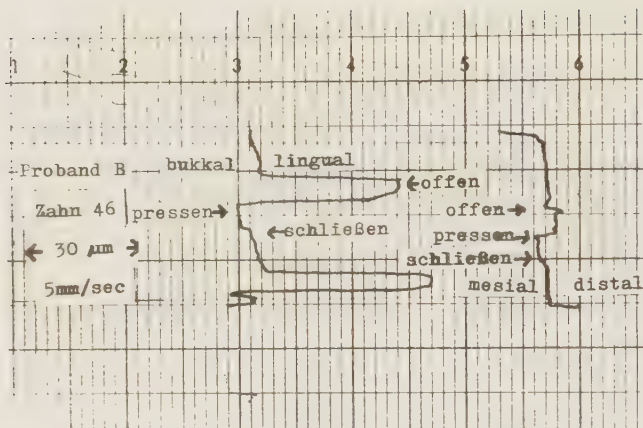


Abb. 77 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Schließen, Pressen.

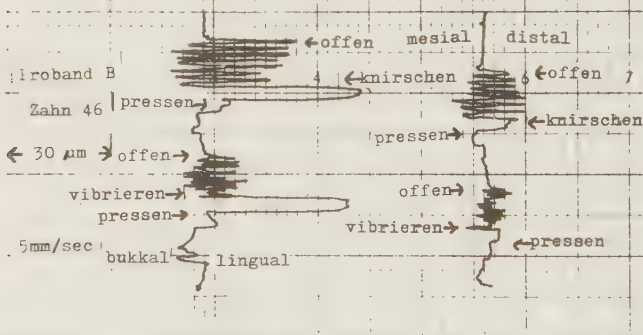


Abb. 78 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Vibrieren, Knirschen.

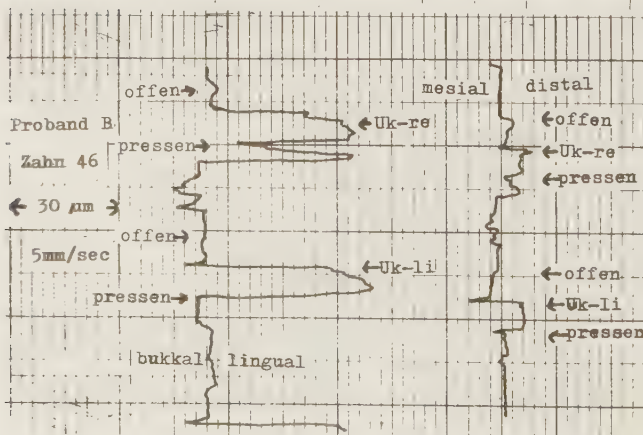


Abb. 79 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Unterkiefer links-
und rechtslateral.

Die Werte von 40 μm lingual und 25 μm distal beim Schlucken deuten auf Zahnkontakt während des Vorganges hin. Es werden nahezu die Werte vom Pressen erreicht (Abb. 91, Seite 92).

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	60 li	25 d
Schlucken	40 li	23 d

Zahn 46, Vorversuch :

Während des Schließens läßt sich zunächst eine geringe Mesialauslenkung erkennen, welche jedoch im späteren Verlauf des Programmes nicht mehr aufgezeichnet wird. Beim Pressen lenkt der Zahn nach lingual und distal aus. (Abb. 77)

	trans. (μm)	sag. (μm)
Schließen	0	2m (0)
Pressen	45 li	4d

Bei "Vibrieren" und "Knirschen" liegen deutliche Auslenkungen in bukkal-lingualer und mesio-distaler Richtung vor. (Abb. 78)

Hacken wurde nicht registriert.

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	45 li	9 d
Vibrieren	6 bu- 12li	6 m-6d
Knirschen	9 bu- 17li	10m-10d

Während der Lateralbewegung nach links lenkt der Zahn bevor er die Nullage erreicht nach bukkal und mesial aus (Schienenverlagerung) (Abb. 79). Bei der Rechtslateralbewegung liegt

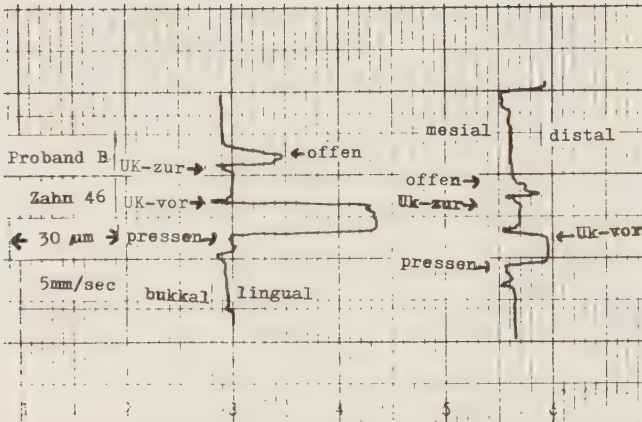


Abb. 80 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Unterkiefer vor
und zurück.

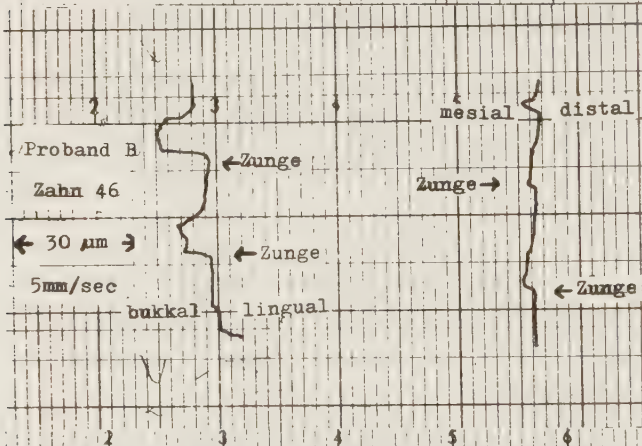


Abb. 81 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Zungendruck.

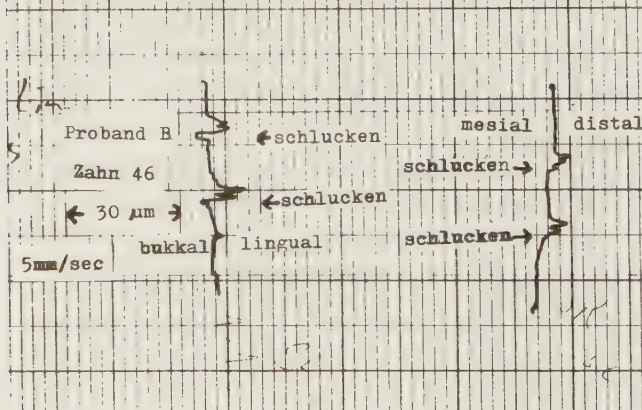


Abb. 82 :
Zahnkinetik (Vorv.)
Schlucken.

kein Antagonistenkontakt während des Bewegungsablaufes vor.
Der Zahn geht vom Pressen zu seiner Nullage (Abb. 79).

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	45 li	9 d
UK-li	45li-6bu-0	9d-9m-0
UK-re	45li - 0	9d - 0

Bei der Bewegung des UK nach vorne ist der Zahn ebenfalls an der Führung beteiligt (6 μm bukkal).

Dies ist jedoch bei UK-zurück nicht zu beobachten. (Abb. 80)

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	45 li	9 d
UK-vor	45li-6bu-0	9d-3m-0
UK-zurück	0-3bu-18li	0-3m-6d

Bei Zungendruck findet sich eine Auslenkung nach bukkal und mesial (Abb. 81).

Das Schlucken scheint unter Zahnkontakt stattzufinden, worauf die lingualen und distalen Werte hinweisen (Abb. 82).

	trans. (μm)	sag. (μm)
Zungendruck	10 bu	3 m
Schlucken	3bu-5li	4 d

Hauptversuch:

Es liegt eine gute Obereinstimmung zum Vorversuch vor
(Werte siehe Tabelle in Abschnitt 9).

Die Auslenkungen beim Hacken entsprechen den zu erwartenden Werten. (Abb. 95, 96, Seite 94)

	trans. (μm)	sag. (μm)
Pressen	45 li	22 d
Hacken	0-22 li	0-20 d

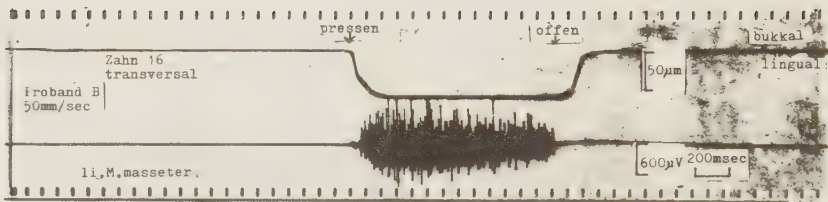


Abb. 83 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Pressen.

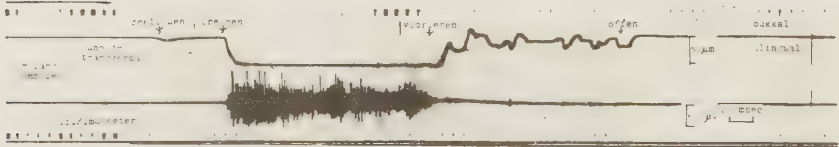


Abb. 84 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Vibrieren.

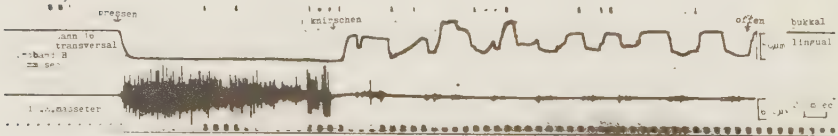


Abb. 85 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Knirschen.

Der Antagonistenkontakt bei UK-links im Vorversuch läßt sich im Hauptversuch nicht reproduzieren (Abb. 87, Seite 90). Der Proband scheint die Kommandos unterschiedlich auszuführen.

5.2.2. Elektromyographie (Hauptversuch) :

Linker M. masseter in Bezug zur Bewegung von Zahn 16 in sagittaler Richtung:

Während der gesamten EMG-Registrierung läßt sich eine 50 Hz Störspannung auf der Grundlinie erkennen. Beim Schließen sind keine Veränderungen der Grundlinie zu beschreiben (isotonische Kontraktion).

Das Interferenzmuster beim Pressen (maximale Willkürinnervation) zeigt in der Anfangsphase (80 ms) niedrige Summenpotentiale, was als ein Austasten und Aufsuchen der maximalen Inter-cuspidation interpretiert wird.

Danach zeigt der Muskel sein volles Interferenzmuster beim Pressen (Dauer etwa 1200 ms. Von der Willkür des Probanden abhängig). Am Ende des Pressvorganges bricht das Interferenzmuster langsam ab, die Grundlinie stellt sich wieder ein. Die maximale Amplitude beim Pressen ist etwa 1800 μ V groß (Abb. 83).

Beim Vibrieren lassen sich dem Rhythmus der unilateralen Muskelkontraktionen (alle 240 ms) entsprechend, Aktivitätswellen mit maximalen Amplituden von etwa 150 μ V und der Dauer von etwa 60 ms erkennen. (Abb. 84).

Beim Knirschen findet sich mehr Muskelaktivität wie beim Vibrieren. Die maximale Amplitude der etwa alle 260 ms stattfindenden Muskelkontraktionen liegt bei 200 mV, die Dauer bei durchschnittlich 220 ms (Abb. 85).

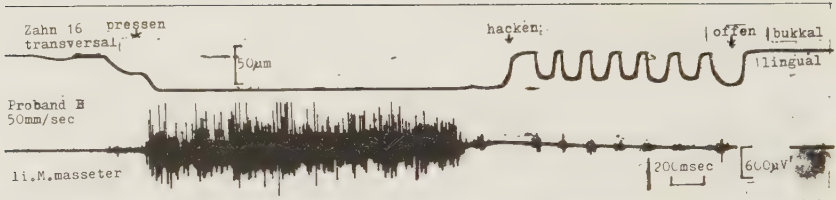


Abb. 86 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Hacken.



Abb. 87 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Unterkiefer linkslateral.

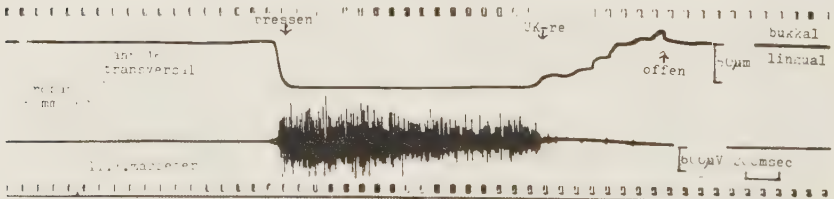


Abb. 88 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Unterkiefer rechtslateral.

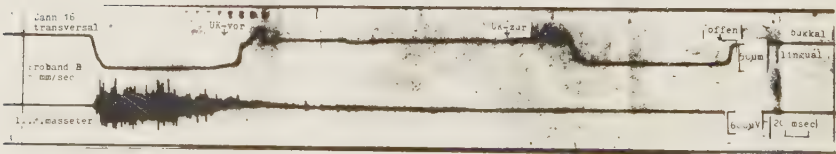


Abb. 89 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Unterkiefer vor und zurück.

Auch beim Hacken treten im Rhythmus der Aktionen, etwa alle 150 ms, Aktionsmuster auf. Die Dauer der einzelnen Muskelaktivitäten beträgt etwa 80 ms, die maximalen Amplituden sind etwa 300 mV groß. (Abb. 86).

Bei der Unterkieferlinks lateralbewegung lassen sich keine Muskelpotentiale ausmachen. Das Interferenzmuster beim Pressen endet bei Beginn der Lateralbewegung, die Grundlinie zeigt außer der beschriebenen geringen Störspannung keine Veränderungen. (Abb. 87).

Bei der Rechts lateralbewegung sind kleine Potentialzacken zu erkennen. Wegen der relativ geringen Empfindlichkeit, die für die Versuchsdurchführung gewählt werden mußte, lassen sich nur ungenaue Angaben über die Qualität des Aktionsmusters machen (siehe Abb. 88).

Bei einigen Pressvorgängen, welche jeweils vor den Unterkieferbewegungen ausgeführt werden, läßt sich auch, wie bei Proband A, eine kontinuierliche Abnahme der Summenpotentiale bis zum Ende des Pressens verfolgen. (Abb. 88).

Während der ganzen Unterkiefervorbewegung ist eine Muskelaktivität festzustellen. Die Amplituden betragen etwa 200 μ V. Zwischen UK-vor und UK-zurück wird für etwa 400 ms die Grundlinie ohne Potentiale sichtbar. Während der Rückführung des Unterkiefers läßt sich für etwa 400 ms die gleiche Aktivität wie bei der Vorbewegung erkennen. Bei Kommando "offen" stellt sich die Grundlinie dar (Abb. 89).

Gut reproduzierbare Aktivitäten des M. masseters während der ausgeführten Unterkieferbewegungen lassen sich nicht angeben, da wie schon in Abschnitt 4.1.2. erwähnt, die Bewegung unter Zahnkontakt stattfinden. Der Willkür des Probanden unterliegt

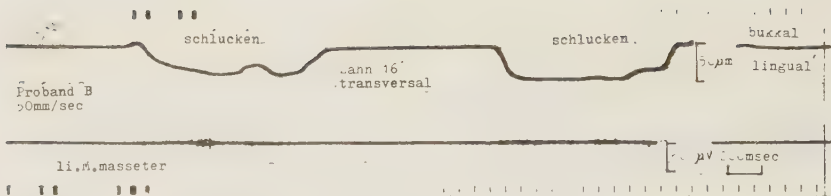


Abb. 90 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Schlucken.

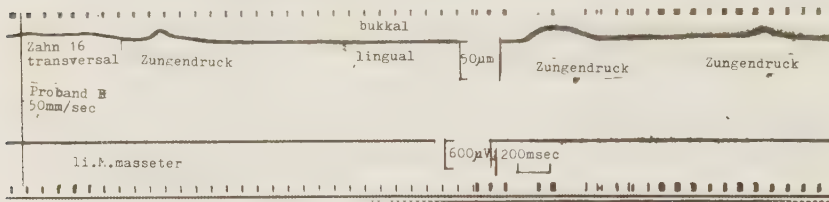


Abb. 91 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Zungendruck.

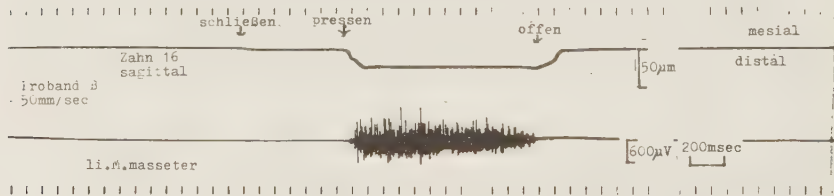


Abb. 92 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Pressen.

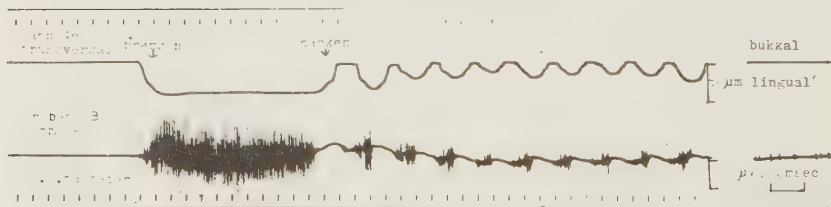


Abb. 93 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Pressen, Hacken.

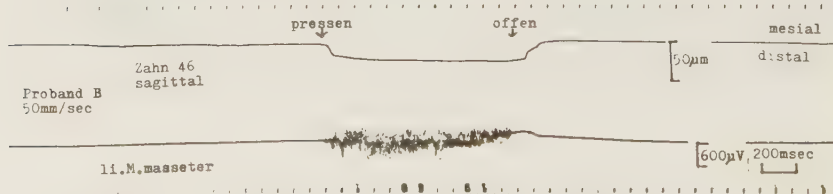


Abb. 94 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Pressen.

der Druck, mit dem die Zahnreihen während der Gleitbewegung aneinander gepreßt werden.

Beim Schlucken und Zungendruck läßt sich jeweils eine geringe Masseteraktivität mit Amplituden von etwa 80 μ V erkennen.

(Abb. 90, 91)

Die Aktivität des linken M. masseter wurde bei der weiteren Durchführung des Hauptversuches, wobei beide Antagonisten in sagittaler und transversaler Auslenkungsrichtung aufgenommen wurden, jeweils in gleicher Weise aufgezeichnet. Eine erneute Beschreibung bringt keine neuen Ergebnisse. Die Abb. 83, 92, 93, 94 zeigen das Pressen bei allen vier durchgeführten Hauptversuchsreihen. Geringe Änderungen der Absolutwerte sind auf die geringfügig veränderten Elektrodenlagen während der verschiedenen Meßreihen zurückzuführen. Für die Aussagekraft der Ergebnisse ist dies jedoch ohne Bedeutung. Die Masseteraktivität bei der Aufzeichnung mit Zahn 16 transversal und Zahn 46 transversal wurde mit einer etwas größeren Empfindlichkeit (siehe Eichung) aufgenommen, als bei den zwei anderen Versuchsreihen.

5.2.3. Zeitliche Koppelung von Kinetik und Elektromyographie (Hauptversuch):

In allen vier Versuchsdurchgängen ergeben sich vergleichbare Zusammenhänge. Während des Schließens bewegt sich der Zahn in die jeweils entsprechende Richtung. Eine gleichzeitige Aktivität des M. masseter läßt sich bei der Empfindlichkeit des Elektromyographen, welche für die Versuchsreihe gewählt wurde, nicht erkennen.

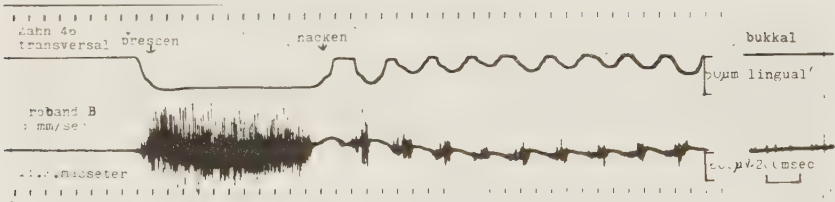


Abb. 95 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Hacken.



Abb. 96 : Elektromyogramm und Zahnkinetik (Hauptversuch)
Hacken.

Beim Pressen tritt die Zahnauslenkung erst etwa 20 ms nach den ersten Summenpotentialen im EMG auf. In der Anfangsphase des Pressens lassen sich für etwa 60 ms niedrige Summenpotentiale (100 μ V) im Elektromyogramm beschreiben. In dieser Phase zeigt die Zahnkinetik eine kleine Welle. (Austasten der IOP). Am Ende des Pressvorganges bricht das Interferenzmuster bei maximaler Willkürinnervation langsam ab, der Zahn schwingt erst nach etwa 120 msec. in seine Ruhelage zurück. Dieses träge Rückstellen des Zahnes ist bei allen Kommandos zu verfolgen (Abb. 83).

Beim Vibrieren und Knirschen schwingt der Zahn im Rhythmus der unilateralen Muskelkontraktionen hin und her, (Werte siehe Tabellenauszüge) (Abb. 84, 85) Im Vergleich zum Pressen ist auch hier die bei Proband A erwähnte geringe Muskelaktivität im Verhältnis zur starken Zahnauslenkung zu erkennen. Bei der Registrierung von Zahn 16 (transversal) finden sich zum Beispiel Werte beim Pressen von 60 μ m lingual, die Muskelaktivität zeigt das Muster maximaler Willkürinnervation. Beim Vibrieren wird der Zahn um etwa 40 μ m, beim Knirschen sogar um 70 μ m ausgelenkt. Muskelaktivität ist wie beschrieben gering.

Beim Hacken trifft auf eine Muskelkontraktion eine Auslenkungswelle des Zahnes (Abb. 86, 95, 96).

Bei UK-links wird keine Muskelaktivität aufgezeichnet (Abb. 87). Bei UK-rechts bestätigt die geringe Muskelaktivität den in der Kinetik beschriebenen Gleitkontakt während dieser Bewegung (Abb. 88).

Bei UK-vor bleibt der Zahn nach initialer Auslenkung während der Bewegung, wobei eine gleichmäßige Muskelaktivität auftritt, in der Nullage (Abb. 89). Die Muskelaktivität wird durch die Frontzahnführung verursacht.

Während der Rückbewegung des Unterkiefers zeigt sich Muskelaktivität und Zahnbewegung in unterschiedlicher Form. Eine genaue zeitliche Analyse ist nicht möglich (Abb. 82). Am Ende der Bewegung erreicht der Zahn Werte wie beim Schließen. Muskelaktivität ist hierbei nicht zu beschreiben.

Das Verhältnis Muskelaktivität zur Zahnkinetik beim Schlucken wird stark durch die Willkür des Probanden beeinflusst.

(Abb. 90)

5.4. Zusammenfassung :

Die Hauptauslenkungsrichtung der Antagonisten 16 und 46 ist eine linguale und distale. Diese Werte entsprechen der von SIEBERT (60) ermittelten Richtung beim zahnärztlich behandelten Gebiß. In ihrer Qualität entsprechen die Werte den Zahnauslenkungen im Vorversuch denen des Hauptversuchs. Bei den Unterkieferbewegungen nach lateral, vor und zurück, ergeben sich bei beiden Zähnen unterschiedliche Führungsmitbeteiligungen. Vermutlich sind diese Unterschiede auf eine unterschiedliche Durchführung der Kommandos zurückzuführen.

Die registrierten Aktionspotentiale des linken M. masseter zeigen in ihrer Qualität und in Beziehung zur Zahnauslenkung die gleichen Ergebnisse wie bei Proband A. Die Aufzeichnungen von Proband B wurden bei einer fünffach erniedrigten Empfindlichkeit des EMG-Gerätes ($50\mu\text{V}/\text{cm}$ im Vorverstärker) aufgenommen. Die Absolutwerte der gesamten Aktivitätsaufzeichnungen sind also fünfmal höher als bei Proband A (bei ebenfalls subkutaner Elektrodenlage).

6. DISKUSSION :

6.1. Zur Kinetik :

Durch die Darstellung der Zahnkinetik während der Leermastikation am Oszillographen wird aus der quasistatischen Aufzeichnung mit dem Schreibgerät im Vorversuch eine dynamische Aufzeichnung im Hauptversuch. Durch die Aufzeichnung der Zahnkinetik lassen sich die gefundenen Teilauslenkungen nur sehr vage deuten, da die Zahnkinetik mehreren, im zeitlichen Ablauf nicht genau zu trennenden, Einflüssen unterliegt. So müssen etwa die Dreiphasentheorie von MÖHLEMANN (50), die Deformationsschwingungstheorie von KÜRBER (31) und HOFMANN (24) sowie die Überlegungen zur elastischen Verformung des Zahnes (SAUER, 56; KÜRBER, 31, 34; MÖHLEMANN, 52) und der Kieferknochen, speziell der Mandibel (MARX, 46) beim Betrachten der Teilbewegungen miteinbezogen werden. Zusätzliche Einflußfaktoren sind der hydrodynamische Dämpfermechanismus nach HOFMANN (23), welcher für die anfänglichen Auslenkungen beim Schließen, welche im späteren Programmablauf nicht mehr beobachtet werden konnten, von Bedeutung sein könnte. Auch die Biegeschwingung des Zahnes (KÜRBER, 31) muß berücksichtigt werden. Die Einwirkung der Zunge und des Schluckens mit und ohne Zahnkontakt stimmt mit SIEBERT's (60) Beobachtungen überein. Bei der Betrachtung der Totalauslenkungen während der Leermastikation können SIEBERT's Ergebnisse bestätigt werden, wonach die Auslenkung von 60 µm in bukkaler, lingualer (palatinaler), mesialer und distaler Richtung eine gewisse Grenze bildet.

Die von MÖHLEMANN (52) gefundenen Werte, wonach ein Totalausschlag von 200 µm die Grenze zum Pathologischen bildet, konnte nicht erreicht werden, jedoch wurden während des Programmablaufes die Zähne auch nicht maximal belastet. (Keine definierte Kraftdosierung)

Die Qualität der registrierten Zahnauslenkungen stimmt weitgehend mit den von SIEBERT (60) angegebenen Auslenkungsrichtungen der Einzelzähne überein. Es läßt sich bei beiden Probanden während der Leermastikation ebenfalls eine Hauptauslenkung nach lingual und weniger nach bukkal erkennen. Eine weitere Zerlegung und Deutung der einzelnen Zahnauslenkungen erscheint

schwierig, da es sich um eine recht begrenzte Anzahl von Einzelzahnkinetikmessungen bei nur zwei Probanden handelt.

Die Wiederholung der Messungen mit der gleichen paraokklusalen Schiene nach etwa acht Monaten zeigt überwiegend Übereinstimmung, was die Auslenkungsrichtung betrifft.

Abweichungen sind die Ausnahme und sind entweder durch meßtechnische Fehler (z.B. Verblockung des Zahnes während der Messung) oder durch unterschiedliches Ausführen der Kommandos seitens des Probanden zu erklären.

6.2. Zum Elektromyogramm :

Die Vorteile der Ableitung von Muskelaktionspotentialen mit Nadelelektroden wurden zum Teil schon im Kapitel 3.4.1.1. beschrieben. Bei Anwendung von Oberflächen Elektroden wird die Muskelaktivität durch die Eigenschaften der darüberliegenden Haut, sowie durch Potentiale aus anderen Muskeln (M. buccinator) beeinflusst (AHLGREEN, 2). Durch subcutane Plazierung der Elektroden lassen sich die Nachteile der percutanen Ableitung und der Ableitung aus dem Muskel selbst weitgehend eliminieren; Schmerzirritation bei der intramuskulären Plazierung wird verhindert, und es wird 60 bis 80 Prozent der Gesamtaktivität des M. masseter abgegriffen. Die Amplitude der abgeleiteten Aktionspotentiale hängt von dem Abstand zwischen beiden Elektroden ab. Störspannungen ließen sich nicht ganz beseitigen, beeinträchtigen jedoch die Aussagekraft der Ergebnisse nicht.

Die quantitative Auswertung der Muskelaktivität, wie sie von MÖLLER (48), KRAFT (36), FUCHS (16), AHLGREEN (2) und ESCHLER (12) beschrieben wird, erfordert weiteren technischen Aufwand (Integrator, Kaukraftmeßgerät etc.) und ist in dieser Studie nicht von grundlegendem Interesse.

Bei Durchführung der konventionellen Analyse von BAYER und FLECHTENMACHER (3) wäre die Auszählung der einzelnen Summenpotentiale sehr mühsam, weitgehend durch die große Frequenz und Überlagerung der Summenpotentiale sogar unmöglich. Die Beschreibung der Elektromyogramme ist somit auf die maximale Amplitude der einzelnen Muskelaktionen und ihren zeitlichen Ablauf beschränkt.

Linearität zwischen gleichgerichteten Summenpotentialen bei isometrischer Kontraktion und der Kaukraft ist für weite Bereiche anzunehmen. (FUCHS, 16; AHLGREEN, 2; LIPPOLD, 42 und ESCHLER, 12)

Auch die hier aufgezeichneten Elektromyogramme lassen bei Vergleich mit der Zahnkinetik diese Linearität vermuten.

Bei Leermastikation lassen sich in den vorliegenden Elektromyogrammen deutliche Unterschiede im Aktivitätsmuster des M. masseter während der verschiedenen Muskelkontraktionen erkennen. Diese Unterschiede drücken sich sowohl durch unterschiedliche große Amplitude als auch durch die Dauer der einzelnen Kontraktionen aus. Die hier beobachteten, wiederkehrenden Funktionsmuster entsprechen den Befunden von GÖPFERT (18) für mäßige und fein abgestufte Bewegungen. Der von ESCHLER (15) beschriebene Ermüdungseffekt des M. masseter bei maximaler Willkürinnervation (Pressen) läßt sich bei verschiedenen Aufzeichnungen ebenfalls vermuten, wobei gegen Ende des Programms bei Kommando "Pressen" nach anfangs "großer" Amplituden die Amplitudenbreite kontinuierlich abnimmt. Teilweise führten die Probanden über fünf Stunden die verschiedenen Programme aus. Wie FUCHS (16) sahen wir eine deutliche Aktivitätssteigerung des M. masseter im Augenblick des Kieferschlusses (Pressen); erst zu diesem Zeitpunkt ist eine isometrische Kontraktion mit nun maximaler Kraftentfaltung möglich.

Es fällt ein deutlicher Unterschied der Muskelaktivität beim Pressen (vermehrte Aktivität, große Amplituden) und bei Vibrieren und Knirschen (weniger Aktivität, kleiner Amplituden) auf. Dies entspricht dem, was ESCHLER (12) als Unterschiedlichkeit zwischen dem Pressen (große Amplitude) und dem tonischen Dauerstrom (kleine Amplitude) beschreibt. ESCHLER fand die tonischen Dauerströme bei kiefergelenkkranken Patienten im Nachtschlaf, zu einer Zeit also, in der die Destruktion des Gebisses ausschließlich zustande kommt. Daher liegt die Vermutung nahe, daß Parafunktionen, wie das Vibrieren und Knirschen eher zur Destruktion führen, als etwa das Pressen. Bestätigt werden auch die Beobachtungen von GÖPFERT (18), daß der Masseter sich an den Vorgängen der Okklusion nur sehr wenig beteiligt (Schließen). Die Verhältnisse ändern sich jedoch schlagartig,

sobald Kaudruck (Pressen) erforderlich ist. Die von GÜPFERT (18) beschriebene Entspannungslücke von 0,1 bis 0,2 ms nach Ende des Preßvorganges, kann bei vorliegenden Registraten jedoch nicht beschrieben werden. Allerdings ist das methodische Vorgehen etwas anders gewesen. Die von GÜPFERT (18) aufgezeigte Muskelaktivität des Masseters beim Vor-schub kann bestätigt werden, jedoch zeigen unsere Aufzeichnungen gleiche Muskelaktivität auch bei der Rückbewegung. Bei Lateralbewegung des Unterkiefers soll hauptsächlich der Muskel der Gegenseite allein aktiv sein. Wir beobachteten dagegen, daß bilateral meist gleiche Aktivität auftritt. GÜPFERT geht nicht auf die Führungsbeteiligung der Zähne während der Leermastikationsbewegungen ein, wobei der Proband durch unterschiedlich starkes Zusammenpressen der Zähne die Muskelaktivität der Zähne beeinflussen kann. Für den Schluckakt können GÜPFERT's Beschreibungen bestätigt werden, wobei die wellenförmig verlaufenden Amplituden während des Schluckaktes meist nicht sehr deutlich zum Ausdruck kommen.

7. ZUSAMMENFASSUNG :

Die vorliegende Arbeit sollte mit Hilfe elektronischer Meßverfahren den Zusammenhang zwischen okklusionsbedingter Kinetik von Einzelzähnen während der Leermastikation und der gleichzeitig auftretenden Muskelaktivität des M. masseters aufzeigen.

Es wird die Maximalauslenkung und die Auslenkungsrichtung des Einzelzahnes, sowie die Aktivität des M. masseters durch Angabe der Maximalamplitude und der Aktivitätsdauer beschrieben und in qualitativen und zeitlichen Bezug zueinander gesetzt.

Die Aufzeichnungen ergeben :

- 1.) Die Werte der Einzelzahnkinetik stimmen im wesentlichen mit den von SIEBERT (60) beschriebenen Werten überein. Die Hauptauslenkungsrichtung in der Transversalen ist lingual. In sagittaler Richtung ist bei beiden Probanden im Seitenzahnbereich eine gleichgerichtete Auslenkung der Antagonistenpaare nach distal festzustellen. Diese Beobachtung entspricht auch den von SIEBERT gemachten Angaben über das zahnärztlich behandelte Gebiß.
- 2.) Die aufgezeichneten Aktionspotentiale des M. masseters entsprechen in ihrer Qualität den in der Literatur gemachten Angaben. So finden sich beim Pressen die größten Summenpotentiale (=maximale Willkürinnervation). Beim Schließen läßt sich nur eine minimale Aktivität nachweisen. Die Aktivitätsmuster der einzelnen Leermastikationsbewegungen sind bei beiden Probanden jeweils in gleicher Qualität und werden lediglich durch unterschiedliche Ausführungen der Kommandos in Amplitude und Dauer der Potentiale geringfügig beeinflußt.
- 3.) Eine unterschiedliche absolute Muskelaktivität der beiden Probanden wurde gefunden. So beträgt die Maximalamplitude bei Proband A bei Durchführung des Kommandos Pressen etwa 400 μ V, bei Proband B sind es etwa 1800 μ V. Dieser 5-fache Absolutwert der Muskelaktivität von Proband B läßt sich bei allen Aufzeichnungen verfolgen.

- 4.) Beim zeitlichen Vergleich von Muskelaktivität und Zahnkinetik fällt auf, daß der Zahn erst etwa 20-60 ms nach Beginn der Muskelaktivität eine Richtungsänderung zeigt und am Ende des jeweils durchgeführten Kommandos um etwa 80 bis 120 ms nachzieht, bevor er wieder die Nullage erreicht. Dieses "Nachhinken" läßt sich bei allen durchgeführten Kommandos beobachten.
- 5.) In der Anfangsphase beim Pressen finden sich für etwa 60 bis 80 ms niedrige Summenpotentiale und fast gleichzeitig eine kleine Welle in der Zahnkinetik (etwa 20 bis 60 ms später). Dies kann als Aufsuchen der maximalen Intercuspidation gedeutet werden.
- 6.) Bei allen Aufzeichnungen kann beim Vibrieren und Knirschen im Vergleich zum Pressen eine relativ große Zahnauslenkung im Verhältnis zur aufgebrachten Muskelaktivität beschrieben werden. Die Zähne können also mit relativ wenig Muskularbeit des M. masseter sehr stark unphysiologisch belastet und ausgelenkt werden.
- 7.) Die Muskelaktivität bei den aufgezeichneten Unterkieferbewegungen ist von unterschiedlicher Qualität. Sie unterliegt der Beeinflussung durch die Willkür des Probanden, in welcher Weise er die führenden Zähne belastet bzw. welche Zähne an der Führung beteiligt sind.
- 8.) Zahnkinetik und Muskelaktivität beim Schluckvorgang sind davon abhängig, ob der Vorgang mit oder ohne Zahnkontakt stattfindet.
- 9.) Bei Zungendruck gegen den gemessenen Zahn ist eine geringe Beteiligung des M. masseter zu erkennen.
- 10.) Es scheint eine Linearität zwischen Kraftaufwand und Muskelaktivität zu bestehen.
- 11.) Es wird bestätigt, daß eine Änderung der Elektrodenlage Einfluß auf die Größe der Summenpotentiale nimmt.

8. LITERATURVERZEICHNIS :

1. ADRIAN, E.D. and BRONK, D. W. :
Impuls in motor nerve fibres.
Physiol. 67, 131, (1929).
2. AHLGREEN, J. :
Mechanism of mastication, a quantitative cinematographic and
electromyographic study of masticatory movements in children
with special reference to occlusion of the teeth.
Acta odont.scand. 24. Suppl. 44 (1966).
3. BAYER, H. und FLECHTENMACHER, C. :
Ermüdung und Aktionsstromspannung bei der isometrischen
Muskelkontraktion des Menschen.
Arbeitsphysiologie B 14. 261-270 (1952).
4. BUCHTHAL, F. :
Muskelpotentialuntersuchungen im gesunden und im kranken Muskel.
Dtsch.Zschr.Nervenheilk. 173, 448 (1955).
5. CARLSÖÖ, S. :
Nervous coordination and mechanical function of the mandibular
elevators.
Acta odont. scand. 10, Suppl. 11, (1952) und
Acta odont. scand. 1, Suppl. 11, (1952).
6. COSTEN, I.B. :
Syndroms of ear and sinus symptoms depending on the temporo-
mandibular joint.
Ann. rhin. and laryng. 43, 1 (1934).
7. DOMS, R., HUPFAUF, L. und LANGEN, D. :
Psychosomatische Aspekte bei funktionellen Kiefergelenkbeschwerden.
Dtsch.zahnärztl.Z.24, 337 (1969).
8. DRUM, W. :
Klassifikation von Parafunktionen.
Dtsch.zahnärztl.Z. 17, 411 (1962).

9. DRUM, W. :
Autodestruktion des stomatogenetischen Systems.
Quintess.zahnärztl.Lit. 9, 12 (1958).
10. EICHNER, K. :
Messung der Kräfte bei Kauvorgängen.
Dtsch.zahnärztl.Z. 18, 915 (1963).
11. ENGELHARDT, J.P. :
Funktionsstörungen des Kiefergelenks.
Praxis d. Zahnhk. 2, 18 B (1969).
12. ESCHLER, J. :
Elektrophysiologische und pathologische Untersuchungen
des Kausystems.
Dtsch.zahnärztl.Z. 7, 958 (1952)
7, 1933 (1952)
10, 1147 (1955)
10, 1421 (1955)
11, 259 (1956).
13. ESCHLER, J. :
Die Aktionsströme in den Kaumuskeln.
Fortschr. Med. 76, 585 (1958).
14. ESCHLER, J. :
Elektrophysiologische und pathologische Untersuchung des Kausystems.
Dtsch.zahnärztl.Z. 13, 434 (1958)
14, 39 (1959).
15. ESCHLER, J. :
Untersuchung über die Zusammenhänge zwischen den marginalen Parodontopathien der vegetativen Tonuslage und elektrischen Vorgänge in den Massetern.
Stoma. 9, 54 (1954)
9, 67 (1956)
9, 131 (1956).
16. FUCHS, P. :
Experimentelle Untersuchungen zur Behandlung von funktionellen Kiefergelenkbeschwerden.
Med.Habilschrift, München (1970).
17. HEGGENDORN, H. :
Experimentelle Untersuchung über die orale Hyperaktivität bei Aggression.
Med.Diss. Basel, 1976.

18. GÜPFERT, H. und GÜPFERT, C :
Funktionelle Beziehung zwischen Masseter und Temporalis in
der Darstellung ihrer Aktionsströme.
Dtsch.zahnärztl.Z. 10, 1530 (1955)
Dtsch.zahnärztl.Z. 10, 1851 (1955).
19. GÜPFERT, H. und GÜPFERT, C. :
Die Restaktivität in der ruhenden Muskulatur des Mundes
und des Kauapparates.
Dtsch.zahnärztl.Z. 9, 357, (1954).
20. GRABER, G. :
Psychisch motivierte Parafunktion auf Grund von Aggressionen und
Myoarthropathien des Kauorgans.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 81, 8, 713 (1971).
21. GRABER, G. :
Neurologische und psychosomatische Aspekte der Myoarthropathien
des Kauorgans.
Zahnärztl.W./Ref./Rdsch. 21, 80, 997 (1971).
22. HOFMANN, M. :
Zahnbeweglichkeit - Bestimmung und Analyse.
Dtsch.zahnärztl.Z. 18, 924 (1963).
23. HOFMANN, M. :
Die Periodontographie des gesunden und erkrankten Parodontiums.
Dtsch.Zahn-,Mund-u.Kieferheilk. 48, 179 (1967).
24. HOFMANN, M. :
Eckzahnführung und parodontale Reaktion.
Dtsch.zahnärztl.Z. 29, 823 (1974).
25. HOPF, H.C. und STRUPPLER, A. :
Elektromyographie. Lehrbuch und Atlas. S. 116
Thieme Verlag, Stuttgart 1974.
26. HUPFAUF, L. :
Symptomatik und Genese chronischer Kiefergelenkserkrankungen.
Dtsch.zahnärztl.Z. 18, 225 (1963).

27. JOB, D.K. :
Über die Elastizität der Skeletteile des Gebißsystems bei der
mastikatorischen Funktion.
Med.Diss.Mainz 1951.
28. JUNG, F. :
Die Elastizität der Skeletteile des Gebißsystems.
Stoma 5, 74 (1952).
29. JUNG, F. :
Über die Elastizität der Alveolarfortsätze und Kieferkörper und
ihre Bedeutung für die zahnärztliche Prothetik.
Dtsch.zahnärztl.Z. 9, 809 (1954).
30. KAISER, B. :
Klinisch-experimentelle Untersuchungen zur Auslenkung der Schneide-
zähne im Oberkiefer und Unterkiefer.
Med.Diss. Mainz im Druck.
31. KÖRBER, K.H. :
Die elastische Deformierung menschlicher Zähne.
Dtsch.zahnärztl.Z. 17, 691 (1962).
32. KÖRBER, K.H. :
Untersuchungen zur Biophysik des Parodontiums.
Dtsch.zahnärztl.Z. 17, 1585 (1962).
33. KÖRBER, K.H. :
Elektronisches Messen der Zahnbeweglichkeit.
Dtsch.Zahnärztebl. 16, 605 (1962).
34. KÖRBER, K.H. :
Untersuchung über die kaufunktionelle Beanspruchung des Zahnes.
Dtsch.zahnärztl.Z. 18, 576 (1963).
35. KÖRBER, K.H. und KÖRBER, E. :
Biegeschwingungen menschlicher Zähne.
Dtsch.Zahnärztebl. 16, 388 (1962).
36. KRAFT, E. :
Möglichkeiten und Grenzen elektromyographischer Untersuchungsmethoden
in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde.
Dtsch.zahnärztl.Z. 18, 904 (1963).

37. KRAFT, E. :
Über eine Untersuchung der menschlichen Kaumuskel­­tätigkeit während des Nachtschlafes.
Stoma (Heidelberg) 12, 213 (1959)
Stoma (Heidelberg) 13, 7 (1960).
38. KRAFT, E. :
Zur Physiologie und Elektromyographie der Kaumusku­­latur in ihrer Bedeutung für die Ätiologie und Therapie der Dysgnathien.
Fortschr.Kieferorthop. 25, 56 (1964).
39. KRAFT, E. :
Über elektromyographische Untersuchungen kieferge­­lenkerkranker Patienten.
Dtsch.zahnärztl.Z.18, 1399 (1963).
40. KROGH-POULSEN, W. :
Examination, diagnosis, treatment :
In: Facial pain and mandibular dysfunction. S. 249
Editor: Schwartz, L. and Chayes, C.M.
Philadelphia, W.B. Saunders Comp. 1968.
41. LIPPOLD, J. :
The relation between integrated action potentials in a human muscle and its isometric tension.
J.Physiol. 117, 492 (1952).
42. LUDIN, H.-P. :
Praktische Elektromyographie.
Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1976.
43. LUKAS, D. und SPRANGER, H. :
Experimentelle Untersuchungen über die Auswirkungen unterschiedlich gemessener Gelenkbahn- und Bennettwinkel auf die Horizontalbelastung des Zahnes.
Dtsch.zahnärztl.Z. 28, 755 (1973).
44. LULLIES, H. :
Zur Motorik der Kaufunktion und der Para­­funktionen.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 70, 87 (1960).

45. LUNDQUIST, C. :
Objektive parodontale registerings methoder.
Odont.Revy 7, (1956).
46. MARX, H. :
Zur Dynamik der aus der elastischen Kieferdeformierung
stammenden Zahnbewegungen.
Dtsch.zahnärztl.Z. 22, 1310 (1967).
47. MAYER, K. :
Möglichkeiten und Grenzen der klinischen Elektromyographie.
Med.Welt 1962, 2191 (1962).
48. MØLLER, E. :
Clinical electromyography in dentistry.
Int.dent.J. 19, 250 (1969).
49. MOYERS, R.E. :
An electromyographic analysis of certain muscles involved
in temporomandibular movement.
Amer.J.Orthodont. 36, 481 (1950).
50. MOHLEMANN, H.R. :
Die physiologische und pathologische Zahnbeweglichkeit.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 61, I (1951).
51. MOHLEMANN, H.R. :
Ten years of tooth mobility.
J.Periodont. 31, 110 (1960).
52. MOHLEMANN, H.R. :
Zum Messen der Zahnbeweglichkeit am Lebenden.
Zahnärztl.Welt 16, 407 (1955).
53. PRUZANSKY, S. :
The application of electromyography to dental research.
J.amer.dent.ass. 44, 49 (1952).
54. RAMFJORD, S.P. :
Bruxism, a clinical and electromyographic study.
J.amer.dent.ass. 62, 21, 1961.

55. REGLI, C.P. and ELLSWORTH, K.H. :
The phenomen of decreased mandibular arch with in opening
movements.
J.prosth.dent.31, 155 (1967).
56. SAUER, E. :
Messungen der elastischen Deformierbarkeit natürlicher Zähne.
Med.Diss. Mainz 1955.
57. SCHULZ, W. :
Die Zahnbeweglichkeit von gesunden Zähnen und mit keilförmigen
Defekten.
Med.Diss.Mainz 1977.
58. SCHWARZ, A.M. :
Die Wirkungsweise des Aktivators.
Fortschr.Kieferorthop. 13, 117 (1952).
59. SICHER, H. :
Functional anatomy of the temporomandibular joint.
Springfield III Charles C. Thomas (1951).
60. SIEBERT, G. :
Klinisch-experimentelle Untersuchungen zur Disklusion und zur
okklusionsbedingten Kinetik von Einzelzähnen.
Med.Habil. Mainz 1976.
61. WILD, W. :
Funktionelle Prothetik. S. 118
B. Schwabe Verlag, Basel 1950.
62. WINDECKER, D. :
Vergleichende Untersuchungen über das Kaukraftaufnahmevermögen
von Teilprothesen.
Dtsch.zahnärztl.Z. 20, 369 (1965).
63. WINKLER, R. :
Über den funktionellen Bau des Unterkiefers.
Z. Stomat. 19, 403 (1921).
64. ZENKER, W. und ZENKER, A. :
Die Tätigkeit der Kiefermuskeln und ihre elektromyographische
Analyse.
Z.Anat. u. Entw.gsch. 119, 174 (1955).

65. ZWIRNER, E. :

Dreidimensionales, dynamisch-quantitatives Messen von
Zahnbewegungen im Tierversuch.

Dtsch.Zahn-,Mund- u.Kieferheilk. 20, 217 (1954).

66. ZWIRNER, E. :

Über die Bedeutung einer genauen Kenntnis der Zahnbewegungen
für Wissenschaft und Praxis.

Dtsch.Zahn-,Mund- u. Kieferheilk. 19, 297 (1954).

9. BEFUNDE und TABELLEN :

Befund Proband A : Zahnärztlich behandeltes Gebiß, keine Lücken, wide centric und long centric, neutrale Verzahnung, keine Frontzahnkontakte in der IOP, Führungszähne bei Lateralbewegungen 11,41; 13,43; 15,45; 16,46; und 21, 31, 32; 23, 33; 25, 35; 26, 36; bei Protrusionsbewegungen 16,46; 12,43; 11, 41, 42; 21, 31; 27, 37; Balancekontakte bei 16,47 und 26, 36, 37; Füllungen in den Molaren und Praemolaren, funktionell krank, weiblich, 22 Jahre.

Befund nach Krogh-Poulsen :

1. Die SKD beträgt 42 mm.
2. Die Probandin öffnet gerade und gleichmäßig.
3. Der Interokklusalabstand (free way space) beträgt 3 mm.
4. Die Probandin kann die Palpation von Muskeln (M. masseter, M. temporalis, M. trapezius, M. sternocleidomastoideus, M. digastricus, M. pterygoideus lat. und med.) und des Kiefergelenks ohne Schmerzen ertragen.
5. Es sind keine abnormen Gelenkgeräusche festzustellen.
6. Es sind keine Okklusionsnebergeräusche wahrzunehmen.
7. Die Einnahme der TKP erfolgt ohne Schmerzen.
8. Die Probandin gleitet aktiv und gerade vorwärts in die IOP.
9. Die Probandin gleitet weniger als 1 mm von der TKP zur IOP.

Befund Proband B : Zahnärztlich behandeltes Gebiß, keine Lücken, wide centric und long centric, neutrale Verzahnung, keine Frontzahnkontakte in der IOP, Führungszähne bei Lateralbewegungen 13, 43; und 21, 31, 32; 23, 33; Balancekontakte bei 17, 47; 16, 46; und 37, 47; Führungszähne bei Protrusionsbewegungen 11,41; 21, 31, 32; Füllungen in den Molaren und Prämolaren, funktionell krank, männlich, 24 Jahre.

Befund nach Krogh-Poulsen:

1. Die SKD beträgt 48 mm.
2. Der Proband öffnet gerade und gleichmäßig.
3. Der Interokklusalabstand beträgt 4 mm.
4. Der Proband kann die Palpation von Muskeln (M. masseter, M. temporalis, M. trapezius, M. sternocleidomastoideus, M. digastricus, M. pterygoideus lat. und med.) und des Kiefergelenkes ohne Schmerzen ertragen.
5. Es sind keine abnormen Gelenkgeräusche festzustellen.
6. Es sind keine Okklusionsnebenengeräusche wahrzunehmen.
7. Die Einnahme der TKP erfolgt ohne Schmerzen.
8. Der Proband gleitet 1 mm von der TKP zu IOP.

Tabelle 1 :

Zahn 11

	<u>Vorversuch</u>		<u>Hauptversuch</u>	
	sag. (µm)	trans. (µm)	sag. (µm)	trans. (µm)
Schließen	31i	1m	61i	2m
Pressen	91i	9m-12m	161i	6m
Vibrieren	51i-81i	0-6m	0-51i	0-6m
Knirschen	31i-91i	0-18m	121a-121i	0-30m
Hacken	0-41i	0-3m	0-61i	um 0
UK-li	121i-0	12m-3d	161i-0	6m-4d
UK-re	91i-31i-91i	9m-18m-9m	161i-0-161i	12m-6m
UK-vor	91i-481a	12m-6d-0	161i-501a-0	6m-10d-0
UK-zur	481a-61i	0-6m	0-81i	0-10d-10m
Zungen	/	/	201a	15d
Druck				
Schlucken	/	/	161a	6 m

Tabelle 2 :

Zahn 41

	<u>Vorversuch</u>		<u>Hauptversuch</u>	
	sag. (µm)	trans. (µm)	sag. (µm)	trans. (µm)
Schließen	31a	3m	31a	4m
Pressen	91a	0	31a	0
Vibrieren	51a-0	4m-6m	31a-61a	0-6m
Knirschen	91a-0	0-5m	81a-81i	3d-8m
Hacken	31a-0	0-3m	51a-0	0-5m
UK-li	91a-0	0-5m	31a-121a	0-4m
UK-re	91a-301i	um 0	31a-81i-81a	um0
UK-vor	91a-301i	3d-3m	31a-601i	3d-5m
	-0		-601a	
UK-zur	0-301a-	3m-0	601a-201i	5m-0
	151i		-31a	
Zungendruck	21 1a	0	301a	4m
Schlucken	121a	0	301a	0

Tabelle 3

Zahn 23

	<u>Vorversuch</u>		<u>Hauptversuch</u>	
	trans. (µm)	sag. (µm)	trans. (µm)	sag. (µm)
Schließen	3bu	1d	0	4d
Pressen	6bu	3d	31i	0
Vibrieren	3bu-9bu	2m-2d	3bu-81i	5d-5m
Knirschen	0-15bu	0-6m	12bu-201i	5d-12m
Hacken	0-2bu	0-1m	2bu-41i	um 0
UK-li	6bu-31i-48bu	6d-15m	31i-151i-40bu	0-15m
UK-re	6bu-12bu	4d-0	31i-16bu	um 0
UK-vor	6bu-31i-0	4d-15d-0	31i-8bu-0	0-12d-0
UK-zur	0-6bu	0-9d-2d	0-8bu-0	0-12d-4m-0
Zungendruck	21bu	9m	8bu	6d
Schlucken	21bu	8m	5bu	8m

Tabelle 4

Zahn 33

	<u>Vorversuch</u>		<u>Hauptversuch</u>	
	trans (µm)	sag. (µm)	trans. (µm)	sag. (µm)
Schließen	2bu	0	41i	0
Pressen	151i	9d	401i	12d
Vibrieren	2bu-61i	0-3d	0-121i	0-5m
Knirschen	0-151i	0-6d	0-401i	16m-4d
Hacken	0-121i	0-4d	0-101i	0-4m
UK-li	91i - 181i	6d-3d	401i-0-501i- -101i	12d-16m
UK-re	91i-3bu	6d-0	401i -0	12d-16m
UK-vor	121i-0	12d-0	401i -0	12m-12d
UK-zur	0-31i	0-12d	0-401i	0-16m-12d
Zungendruck	6bu	5m	6bu	16m
Schlucken	6bu	2m-2d	um 0	16m

Tabelle 5

Zahn 26

	<u>Vorversuch</u>		<u>Hauptversuch</u>	
	trans. (µm)	sag. (µm)	trans. (µm)	sag. (µm)
Schließen	31i	3d	51i	16d
Pressen	31i	6d-8d	81i	16d
Vibrieren	0-91i	3d -12d	0-51i	um 12d
Knirschen	0-151i	6d-20d	0-151i	0-20d
Hacken	0-31i	0-4d	0-41i	0-10d
UK-1i	31i-241i	18d-0	101i-0	20d-0
UK-re	31i-0	3d-0	81i - 4bu	4d-0
UK-vor	51i-121i-91i	12d-5d-9d	121i-0	16d -5d
UK-zur	91i-121i-31i	9d-12d-6d	4bu-101i	5d-20d
Zungendruck	5bu	3m	/	10d
Schlucken	5bu	3d	81i	12d

Tabelle 6

Zahn 36

	<u>Vorversuch</u>		<u>Hauptversuch</u>	
	trans. (µm)	sag. (µm)	trans. (µm)	sag. (µm)
Schließen	81i	5d	4bu	16d
Pressen	151i	12d	201i	12d
Vibrieren	81i-0	6d-12d	101i-4bu	8d-16d
Knirschen	151i-0	6d-10d	251i-4bu	16d-0
Hacken	0-51i	0-6d	0-6bu	0-12d
UK-1i	91i-0	6d-0	201i-281i	16d-12d
UK-re	91i-0-121i	6d-10d-15d	201i-12bu-301i	24d -12d
UK-vor	91i-31i-91i	6d-0-15d	201i-0-301i	16d-20m
UK-zur	91i-31i-91i	15d-0-8d	301i-0-201i	20m-12d
Zunge	9bu	12d	/	25d
Schlucken	/	/	8bu-41i	um 0

Tabelle 7

Zahn 21

	sag. (μm)	trans. (μm)
Schließen	0	0
Pressen	101a	0
Vibrieren	31a-51i	0-5m
Knirschen	61a-81i	0-12m
Hacken	31a-61a	0
UK-1i	101a-0	0-15m
UK-re	101a-0	0
UK-vor	101a-501a	0-28d
UK-zur	201i-501a	0-12d
Zungendruck	501a	10d
Schlucken	301a	3d

Tabelle 8

Zahn 32

	sag. (μm)	trans. (μm)
Schließen	0	0
Pressen	51i	3d
Vibrieren	21i-21a	3d-0
Knirschen	81i-51a	3d-0
Hacken	0	0
UK-1i	51i-0	3d-0
UK-re	51i-0	3d-0
UK-vor	151a-91a	0
UK-zur	91a-61i	0
Zungendruck	61a	0
Schlucken	31i	3d

Tabelle 9

Zahn 13

	trans. (μm)	sag. (μm)
Schließen	31i	2d
Pressen	301i	10d
Vibrieren	121i-3bu	3d-3m
Knirschen	201i-9bu	6d-6m
Hacken	61i-0	0
UK-1i	301i-0	10m-6m
UK-re.	301i-30bu	15m-3d
UK-vor	301i-0	10m-22m-25d-0
UK-zur	0-15bu-151i	0-6d-12m
Zungendruck	3bu	3m
Schlucken	61i bzw. 6bu	6m bzw. 6d

Tabelle 10

Zahn 43

	trans. (μm)	sag. (μm)
Schließen	21i	3d
Pressen	91i	12d
Vibrieren	41i-2bu	6d-3d
Knirschen	91i-3bu	12d-0
Hacken	0	0
UK-1i	91i-0	12d-0
UK-re	91i-0-181i	12d-12m
UK-vor	91i-3bu	12d-12m
UK-zur	3bu-91i	12m-12d
Zungendruck	6bu	3m
Schlucken	6bu	3m

Tabelle 11

Zahn 16

	<u>Vorversuch</u>		<u>Hauptversuch</u>	
	trans. (μm)	sag. (μm)	trans. (μm)	sag. (μm)
Schließen	21i	3d	0	4d
Pressen	701i	15d	601i	25d
Vibrieren	8bu-101i	4m-6d	12bu-261i	4m-10d
Knirschen	20bu-401i	3m-20d	20bu-401i	4m-20d
Hacken	/	/	0-401i	0-25d
UK-li	701i-0	15d-0	601i-0	25d-0
UK-re	701i-15bu-0	15d-6m	601i-20bu-0	25d-10m
UK-vor	701i-0	15d-0	601i-20bu-0	25d-20m-0
UK-zur	0-401i	0-6d	0-10bu-401i	0-6m-20d
Zungendruck	15bu	10m	10bu	10m
Schlucken	10bu	6m	401i	23d

Tabelle 12

Zahn 46

	<u>Vorversuch</u>		<u>Hauptversuch</u>	
	trans. (μm)	sag. (μm)	trans. (μm)	sag. (μm)
Schließen	0	2m (0)	0	0
Pressen	451i	4d	451i	22d
Vibrieren	6bu-121i	6m-6d	6bu-121i	0-20d
Knirschen	9bu-271i	10m-10d	0-301i	5m-22d
Hacken	/	/	0-221i	0-20d
UK-li	451i-6bu-0	9d-9m-0	451i-0	22d-0-10d
UK-re	451i-0	9d-0	451i-0	22d-0
UK-vor	451i-6bu-0	3m-0	451i-18bu-0	22d-0-9d-0
UK-zur	0-3bu-181i	0-3m-6d	0-181i	0-25d-0
Zungendruck	10bu	3m	6bu	4m
Schlucken	3bu-51i	4d	0-101i	20d

LEBENS LAUF :

Als zweiter Sohn des Zahnarztes Günther Bassarak und seiner Ehefrau Tilde, geborene Pfirrmann, wurde ich am 8.11.1954 in Landau /Pfalz geboren. Zwischen 1961 und 1965 besuchte ich die Volksschule in meinem Wohnort Rhodt und wechselte im Frühjahr 1965 in das Staatl. Otto-Hahn-Gymnasium Landau. Dort bestand ich im Mai 1973 die Reifeprüfung. Im Wintersemester 1973 / 74 nahm ich an der Universität Bonn das Studium der Geologie auf, wobei ich gleichzeitig einige zahnmedizinische Praktika belegte. Nach dem Sommersemester 1974 legte ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung ab.

Nach Erhalt eines Studienplatzes für Zahnmedizin im Mai 1975 in Mainz absolvierte ich 1976 die zahnärztliche Vorprüfung. Im Juni des Jahres 1979 bestand ich das zahnärztliche Staatsexamen. Von November 1979 bis Februar 1980 war ich als Assistent in Landau tätig. Zur Zeit absolviere ich meinen Grundwehrdienst bei der Bundeswehr.

Meinen besonderen Dank möchte ich Herrn Prof.Dr.med.dent.G.SIEBERT für die freundliche Überlassung des Themas und die wertvolle Unterstützung bei der Durchführung und Fertigstellung der Arbeit aussprechen.

Ebenso möchte ich Herrn Prof. Dr. med. H.C. HOPF, Direktor der Klinik und Poliklinik für Neurologie der Universität Mainz, für seine Anregungen und Bemühungen, sowie für die freundliche Übernahme des Koreferates sehr herzlich danken.

Auch den beiden Probanden Fräulein cand.med.F.OERTEL und Herrn cand.med. H. Adams, welche sich selbstlos für die Untersuchung zur Verfügung stellten, gilt mein besonderer Dank.

